

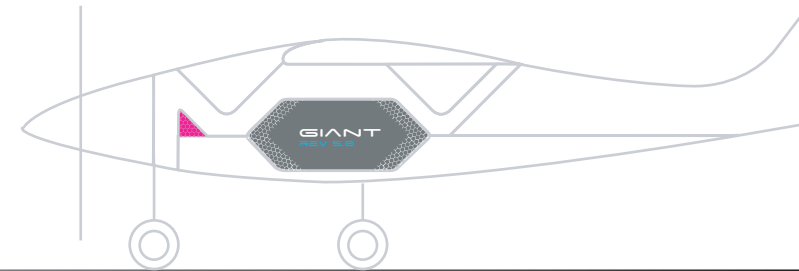


Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Diseño  
Prof. Guía Marcelo Quezada



JUAN FELIPE ENRIQUEZ-FIALLO

# EL FUSELAJE EN AVIONES NO TRIPULADOS COMO LABORATORIO DE OPERACIONES PARA EL MONTAJE DE SISTEMAS EXPERIMENTALES



*“Se alcanza el éxito convirtiendo  
cada paso en una meta y cada meta  
en un paso ”*

*- C.C. Cortéz -*

*A mis padres y hermanos por su  
incondicional apoyo en toda esta etapa  
a pesar de la distancia.*

# CAPITULOS

GIANT  
REV 5.0

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

- INTRODUCCIÓN
- ANTECEDENTES
- MARCO TEÓRICO
- PLANTEAMIENTO PROYECTO
- GÉNESIS FORMAL
- PROPUESTA PRODUCTO
- PLANIMETRÍA
- PRODUCCIÓN Y COSTOS
- BIBLIOGRAFÍA
- ANEXOS

## 01. INTRODUCCIÓN

El actual desarrollo de las telecomunicaciones, los nuevos sistemas informáticos y el fácil acceso a los sistemas GPS [1], traen al mundo de la aviación civil un nuevo concepto de vehículo aéreo: el Avión No Tripulado [2] o Unmanned Aerial Vehicle (UAV por sus siglas en Inglés).

El UAV es un vehículo que no necesita de un piloto que lo esté controlando, ya que funciona con un dispositivo de navegación autopiloto a través de su posicionamiento global GPS. El piloto automático es el cerebro de la nave que conecta todos los servos [3] de la nave y se ubica en el interior del fuselaje. De esta forma el avión lleva programada su misión y con ello el control total de la nave cuando está en vuelo. El desempeño de la nave se lo monitorea desde tierra a través de un computador.

El ejemplo más antiguo de UAV fue desarrollado después de la Primera Guerra Mundial y se empleó durante la Segunda Guerra Mundial para entrenar a

los operarios de los cañones antiaéreos, por lo que su origen es de tipo militar. Los mayores desarrollos se encuentran en Israel y Estados Unidos, pero con costos altísimos y niveles de gran sofisticación para misiones armadas.

Sin embargo, en los últimos años emerge un gran interés por parte de las empresas civiles en incorporar este tipo de vehículos para ofrecer servicios pacíficos hacia la comunidad en diversas actividades como la detección y seguimiento de incendios forestales, ubicación de personas perdidas durante catástrofes, prospección pesquera, tráfico vehicular y detección de químicos en el aire entre otras. Atacando a un nicho de mercado que va en otra dimensión y otra escala.

## > Contextualización

El Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Concepción (DIMUC), a través de la carrera de Ingeniería Aeroespacial, se encuentra desarrollando el primer avión no tripulado de uso civil en Chile, mismo que lleva tecnología propia y ha sido bautizado por sus creadores como GIANT por las siglas del grupo [4] de investigadores.

Son estos mismos mentalizadores y creadores quienes han ido evolucionando el prototipo GIANT para mejorar sus condiciones de vuelo, distancias de cobertura y versatilidad en la prestación de servicios.

Este avión es usado para probar los diferentes sistemas diseñados por los alumnos en el DIMUC, por lo que su función responde a un carácter experimental.

Hoy en día, se trabaja ya sobre el IV modelo experimental GIANT, logrando que los modelos I, II y III arrojen resultados que han

beneficiando al perfeccionamiento de los distintos sistemas electrónicos y mecánicos que controlan el desempeño de la nave.

Sin embargo, todavía existen en el diseño del GIANT III algunas variables que no han sido consideradas, mismas que de ser solucionadas encaminarían al proyecto a una etapa de perfeccionamiento.

---

[1] Enciclopedia Libre Wikipedia 2007: El Global Position System (GPS) o Sistema de Posicionamiento Global es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros usando GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros.

[2] Gundlach, John Frederick. "Multi-Disciplinary Design Optimization of Subsonic Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicles Projected Through 2025" Metodología de diseño para Aviones no Tripulados. Febrero 2004.

[3] Palancas que controlan los alerones, timones, cámaras, sensores, etc. Mecanismos que otorgan movilidad a los sistemas del avión.  
Sistemas de la nave.

[4] Grupo de Interés En Aviones No Tripulados. Profesores y alumnos de la Universidad de Concepción-Chile.

## 02. ANTECEDENTES

### > Antecedentes Históricos del Proyecto Giant

Es fundamental analizar la evolución y proyecciones del proyecto GIANT, para así registrar desde el origen tanto las fortalezas como debilidades del mismo, de tal suerte de poder potenciar aquellas fortalezas y mejorar las posibles debilidades.

El proyecto GIANT se origina como respuesta a una necesidad académica: la búsqueda de aplicar los conocimientos de los alumnos en un proyecto real y tangible de modo que los alumnos pudieran ensayar lo aprendido y crear sus propios sistemas.

El actual proyecto GIANT inició con la construcción del KADET [1], algo más bien artesanal y sencillo que permitiera montar y experimentar los nuevos sistemas. Pocos meses más tarde, se le instaló entre algunos sistemas diseñados por los alumnos, un autopiloto y una cámara Web con un pequeño transmisor de video para ver en tierra lo que la cámara registraba.

Así GIANT II logró el primer vuelo autónomo el 31 de Diciembre del 2004.

A medida que los alumnos desarrollaron las nuevas tarjetas microelectrónicas y sistemas mecánicos, la plataforma se quedó corta de espacio interno, de modo que los alumnos decidieron construir el primer prototipo por su cuenta que dotara al grupo más espacio para el montaje. Cabe destacar que ésta demanda de mayor superficie para el montaje de los sistemas experimentales fue la causa que dio origen a la evolución del prototipo.



KADET: primer prototipo

Este nuevo avión se elevaría con el nombre de GIANT II. Su construcción se hizo sobre los mismos planos del KADET pero adaptado a las necesidades espaciales requeridas por los nuevos sistemas y mecanismos de control de aquel entonces, adquiriendo el avión un carácter de aeromodelo gigante que en un sentido abstracto representa a una gran caja con muchos sistemas microelectrónicos, cables, equipos y gran desorden interno. Junto a esto, se originan varias disociaciones en su uso. Este prototipo sufrió un accidente en su primer vuelo, como resultado una pérdida total del mismo.

El GIANT III, fue concebido idéntico al GIANT II y ha sido hasta el momento el avión con mejor desempeño. Es el “caballito de batalla” del grupo, logrando que los modelos I y II arrojen resultados que han beneficiando al perfeccionamiento técnico de los distintos sistemas electrónicos y mecánicos de la nave.

Actualmente, el avión desarrolla completa autonomía aérea [2] .

Con este se realizan los vuelos de prueba. Hoy en día, trabajan sobre el cuarto prototipo de avión, aún sujeto a análisis aerodinámico y modificaciones internas. El presente proyecto se ubica en el quinto eslabón de la evolución GIANT.



GIANT III



GIANT IV

## > Proyecciones de Mercado

Varias son las industrias que podrían beneficiarse de la utilización de esta herramienta de servicios aéreos.

Un caso concreto se da en las empresas forestales que han mostrado gran interés en los servicios que presta GIANT, toda vez que estos aviones pueden operar a bajas alturas para lograr un seguimiento más cercano de un evento significativo -por ejemplo un incendio- pero sin poner en riesgo vidas humanas y con menores costos de inversión que los sistemas actuales de monitoreo [3].

Es por ello que en la nueva propuesta será importante contemplar también los factores significativos del avión en cuanto a su aspecto exterior.

Esto tiene que ver con un factor de credibilidad y confianza que el producto pueda transmitir al potencial cliente.

La investigación ha llevado a establecer

otras posibles áreas que van acorde con el producto propuesto, así tenemos: control fitosanitario, monitoreo de fronteras, tráfico en autopistas, concentraciones humanas, búsqueda de naufragos en situaciones de emergencia, movimiento de personas e insumos a través de fronteras, entre otras.



Control de incendios forestales

## > Antecedentes del Nuevo Proyecto

### .Situación Actual del Proyecto

En la fase antecesora, los esfuerzos del Grupo de Interés en Aviones No Tripulados han estado dirigidos a mejorar aspectos técnicos del avión únicamente. Ahora, tras 5 años de evolución del prototipo y ante un nicho de mercado que emerge, el interés del grupo es abandonar la idea de trabajar en un “juguete técnico” para situarse en el terreno profesional y ofrecer a empresas chilenas sus servicios.

La configuración actual del avión y su desarrollo tecnológico permiten realizar vuelos con autonomía de hasta 1 hora (limitado por la cantidad de combustible). Debido a este gran avance el prototipo asume, además de plataforma experimental, la función de demostrador tecnológico.



## .EL GIANT

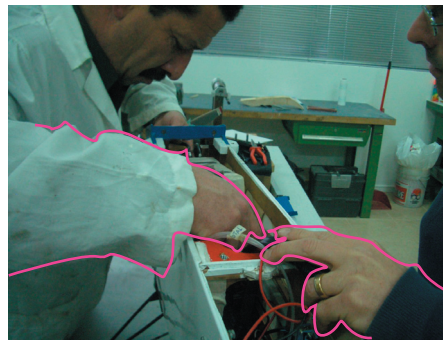
Ante un atractivo panorama que se vislumbra para la intervención en el proyecto GIANT, es de total importancia comprender un análisis del objeto GIANT en tres aspectos: GIANT medio de transporte, GIANT principio de orden interno y GIANT interfaz de uso.



GIANT principio de orden interno



GIANT medio de transporte



GIANT interfaz de uso

## GIANT: Interfaz de Uso

Dada la doble función del GIANT hacia el usuario - plataforma experimental por un lado y demostrador tecnológico por otro - y en busca de identificar oportunidades que mejoren el sistema hombre-maquina, es necesario analizar el desempeño de la nave en términos de los contextos de uso que enfrenta. Para ello es importante partir analizando el entorno remoto a cada situación y definir los agentes que participan en cada contexto.

La actividad del GIANT se enfrenta a dos entornos: uno terrestre y otro aéreo.

- Entorno Terrestre

Es el entorno más crítico del proyecto dado que aquí es donde se desarrollan todas las conexiones de interfaz de uso con el avión y donde pasa el 90% de su tiempo, por lo que este entorno será abordado con gran énfasis. A nivel terrestre, el avión se acota

a dos medios físicos: el laboratorio de aeroespacial y la pista de vuelo. En cada uno de estos se identificó distintos usuarios y además distintos modos de enfrentar la tarea.

-El laboratorio de aeroespacial:

La interfaz de uso a nivel laboratorio se da mayoritariamente con el interior del fuselaje. En el laboratorio el avión responde a dos usuarios:

El primer usuario es el técnico, se define como una persona especializada, con un alto conocimiento aeronáutico y un manejo diestro del lenguaje técnico.

El segundo usuario es el alumno, se define como una persona que se encuentra en la etapa académica de experimentación de sistemas.

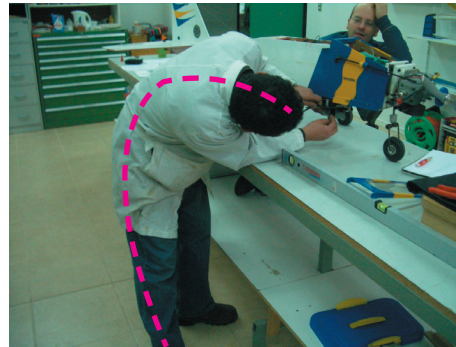


Técnico en mantenimiento de la plataforma



Alumno trabajando en la experimentación

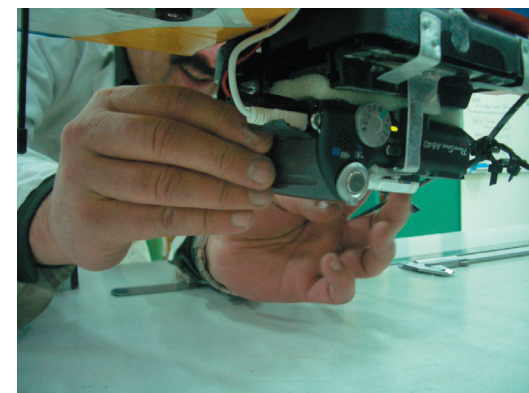
A nivel de laboratorio las principales actividades son la construcción, el montaje de sistemas experimentales y el mantenimiento de los modelos GIANT. Estas actividades demandan alta carga visual, concentración, extenso tiempo en una misma postura y precisión para alcanzar buenos resultados. En estas actividades la estructura interna del fuselaje, compromete un gesto forzoso por parte del usuario.



Los técnicos del GIANT, a medida que van incorporando nuevos sistemas, buscan modificar su configuración interna, con la intención de ocupar óptimamente el espacio disponible. Esto lleva a que los usuarios den soluciones hechizas para lograr resolver los problemas de interfaz entre el avión y los sistemas que incorporan.



Difíciles condiciones gestuales en el desarrollo de la tarea

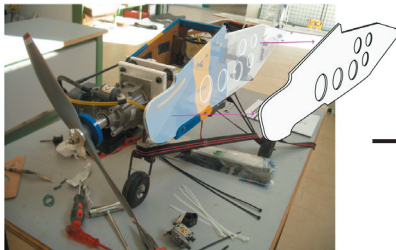
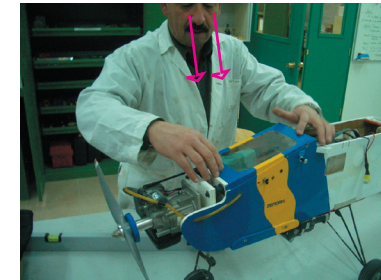
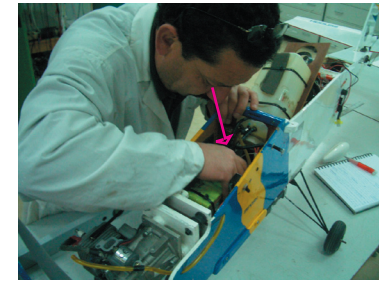


1. Sistema de soporte de cámara



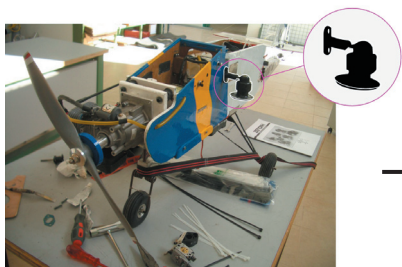
2. Sistema desmontable de combustible

El avión, se ubica sobre un mesón de trabajo para ser intervenido. La postura del usuario para acceder al avión es de forma frontal superior, con escasa accesibilidad debido a las estrechas dimensiones de los distintos compartimentos en relación a la mano del usuario. Por tratarse de una actividad con alto grado de exactitud, el usuario debe trabajar de pie - en una actitud activa- para acceder con precisión a los distintos compartimentos de la nave.



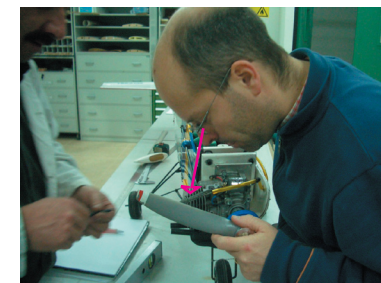
3.

3. Solución hecha para material, perforando la superficie para reducir peso.

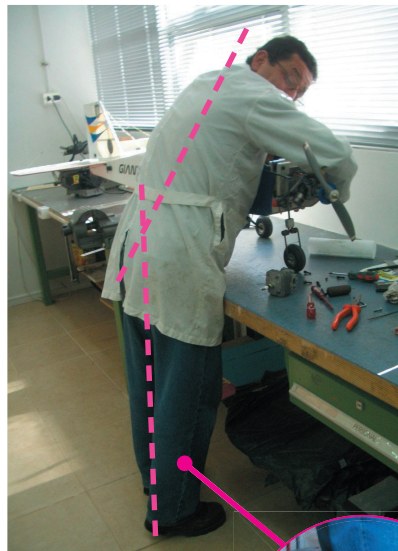


4.

4. Solución hecha para montaje de cámara lateral



Acceso frontal superior hacia el fuselaje, posición de pie



Puestos de trabajo de pie



Elevada elongación del cuerpo para acceder a los compartimentos

El cuerpo debe posicionarse lo más cercano a la mesa de trabajo, con el fin de tener mayor elongación del brazo dentro del fuselaje y alcanzar los distintos dispositivos. La actividad se desarrolla con alta carga física, las posturas generan fatiga dados los ángulos de exigencia en los que se desempeña la tarea.

- La pista de vuelo (Club de Aeromodelos de Concepción), es el espacio físico abierto desde donde se realizan las pruebas de vuelo.

El tercer usuario es el piloto, que corresponde al mismo usuario técnico que opera en el laboratorio pero al tomar su posición en la pista de vuelo, asume un papel simbólico completamente distinto al de laboratorista y se convierte en el piloto del GIANT.



Pilotos de la nave en prueba de vuelo

El tipo de interfaz de uso, es con el exterior del avión en la activación de los controles de energía y motorización que están distribuidos alrededor del sistema.

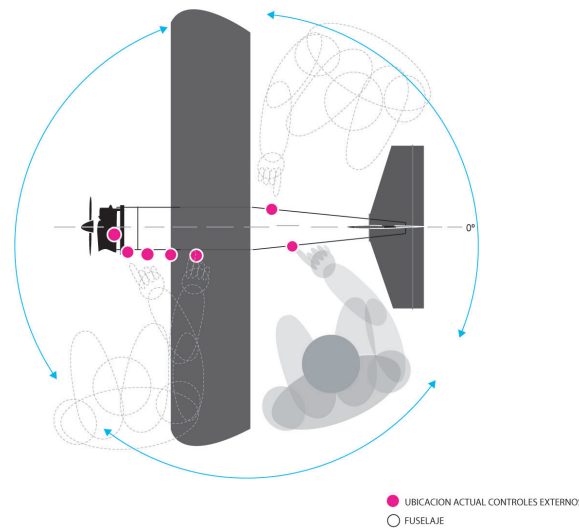
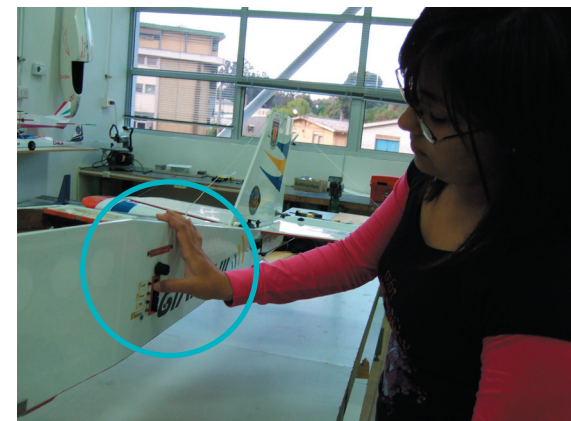


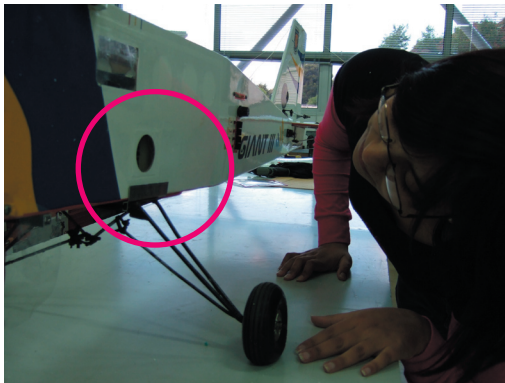
Diagrama de distribución de controles



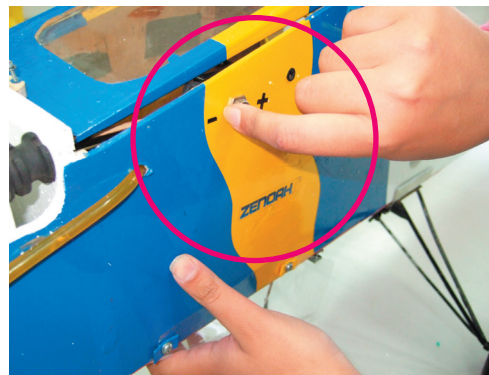
Puerto de carga de baterías



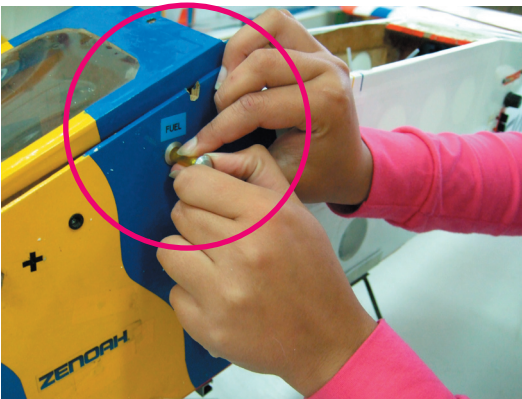
Encendido eléctrico



Nivel de gasolina



Encendido motor



Gasolina

Cuando el avión se encuentra en la pista, el usuario debe agacharse para acceder a él: es ahí donde se calibra el motor, se activa el sistema eléctrico, se controla el paso de gasolina y finalmente se lo pone a vuelo. Al estar el avión sobre el piso, el modo de interacción con éste es muy distinto al del laboratorio. La postura en cuanto al acceso a los compartimentos internos es favorable dado la diferencia de alturas entre la superficie superior del avión y la altura del ojo del usuario; sin embargo el acceso a los displays carece de lenguaje, estos están ubicados al azar, condición que retarda la puesta en marcha de la nave.



Acceso superior al avión, en cuclillas

### - Entorno Aéreo

En este entorno el avión es completamente autónomo y su desempeño depende únicamente del funcionamiento correcto del sistema. Sin embargo, el funcionamiento del sistema depende a su vez de la efectividad en las labores realizadas con anterioridad en tierra (montaje experimental, mejoras, mantenimiento, etc.), por ende la actividad aérea es consecuencia de la terrestre. (Ver anexo: El Entorno Aéreo)

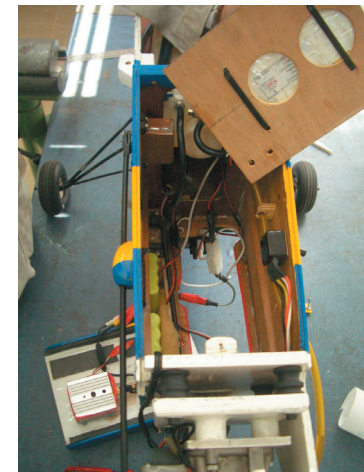
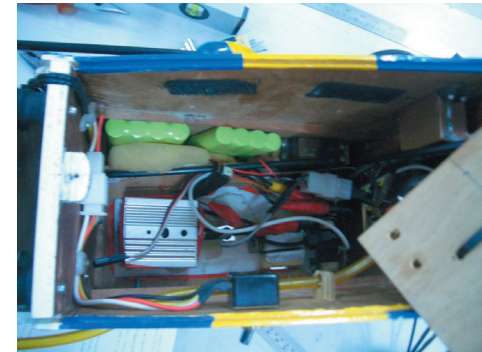


Desempeño aéreo del GIANT

### - GIANT: principio de orden interno

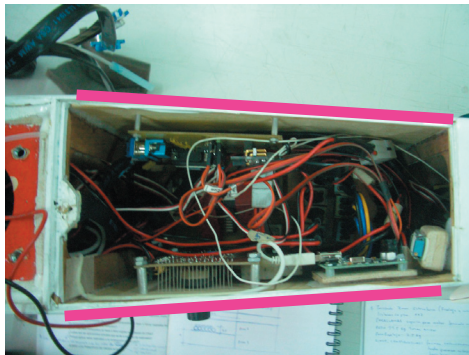
El prototipo está construido a través de una estructura de madera que, a más de cumplir la función de contenedor de equipos, funciona como soporte para los mismos, es decir la misma estructura configura el sistema de orden interno. Los distintos sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos y carga útil, respetan su orden a la disposición configurada por la estructura, ubicándose éstos dentro de los compartimentos que constituye la estructura. Algunos van ubicados sobre los planos internos del fuselaje, mientras que otros son montados en las paredes estructurales del fuselaje.

El orden interno responde a una suerte de habitáculo dividido en 2 niveles. Corriendo una suerte de maletero donde el usuario debe sacar los sistemas de arriba para acceder a los de debajo. La mano del usuario tapa el acceso visual al sistema que se desea intervenir.



Equipos montados sobre estructura plana





Sistema electrónico montado sobre pared



Bloqueo de visibilidad por parte del usuario

La distribución del cableado no ha sido optimizada en cuanto a la ubicación de los sistemas. La mayoría de cables van del frente hacia la parte trasera y después regresan. Esta gran cantidad de cable desperdiciado entorpece la ejecución de la tarea, ya que el usuario cuando accede a maniobrar manualmente en el interior se ve limitado por dichos cables y a momentos los desenchufa accidentalmente.

Este es un factor de seguridad, fundamental a considerar dado que el dejar un cable suelto puede provocar una falla en el funcionamiento aéreo del avión y consecuentemente un posible accidente.



Acceso al piso inferior del fuselaje

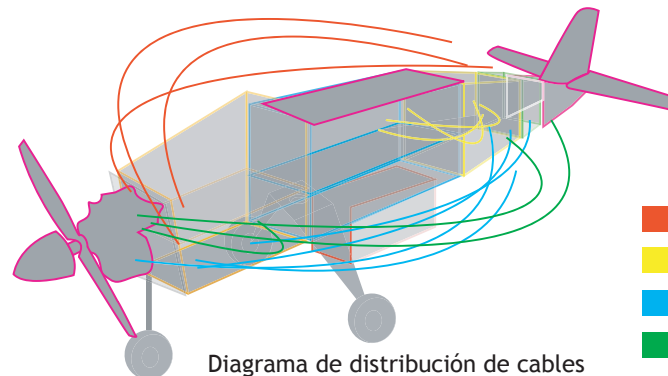
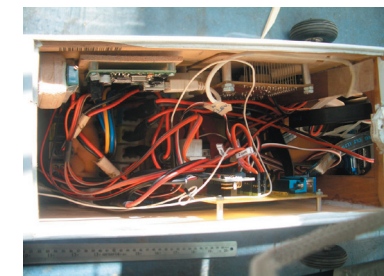


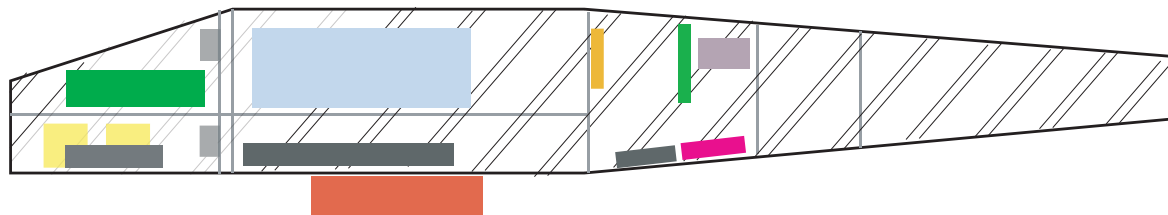
Diagrama de distribución de cables

- servos
- autopiloto
- energía
- mangueras



Distribución caótica del cableado

Finalmente el orden interno frustra la maniobrabilidad al interior de la nave por parte del usuario y genera espacios vagos.



 espacio vago 57 %

Diagrama de espacios vagos



Estructura restringe el gesto

### -GIANT: Medio de Transporte

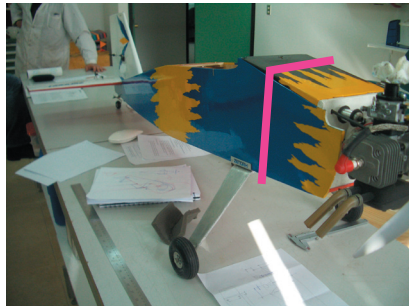
El fuselaje GIANT, en un sentido abstracto, es un contenedor que tiene como función transportar los equipos de motorización, control y carga útil al espacio, para las distintas actividades exploratorias. El contenedor ordena los distintos aparatos en el interior y los lleva al espacio para probar sus servicios.

Se detecta gran deficiencia en el diseño exterior de la nave, debido principalmente a la forma que configura la estructura laminar, que deja gran cantidad de aristas mismas que al chocar contra el viento frenan la nave e incrementan el fenómeno físico del arrastre [4] .

Además todo lo que queda fuera de estructura exterior del avión, incrementan de igual forma el arrastre.

El peso actual del avión permite que desarrolle una autonomía de 1 hora en el aire; tiempo que restringe la actividad exploratoria a tramos cortos.

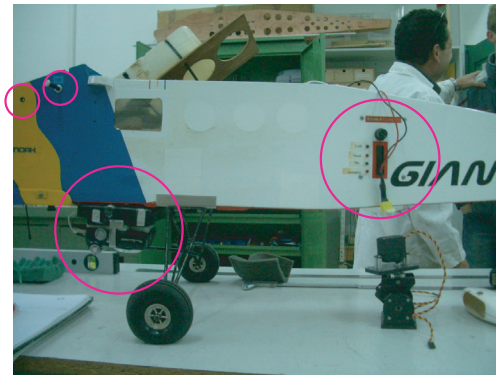
Por ello para el diseño externo se deberán tomar las consideraciones aerodinámicas específicas en el proyecto, para mejorar el desempeño del avión en este escenario aéreo.



superficies planas configuran aristas



Sección cuadrada del fuselaje



Sistemas que generan arrastre

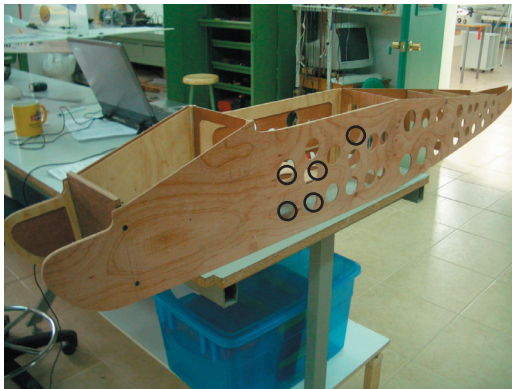


Motor fuera de la estructura

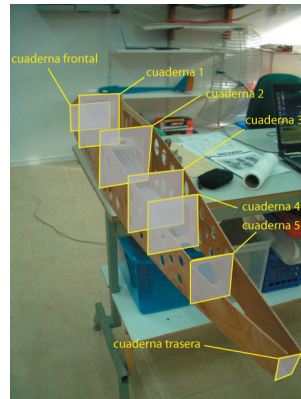
### > La Construcción de los Prototipos

Cada prototipo está construido a través de una estructura conformada por placas de madera, mismas que para reducir peso se perforan al largo de toda la estructura.

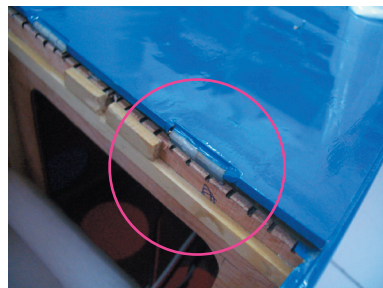
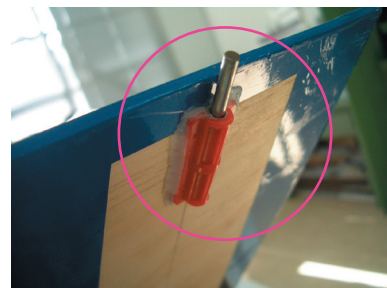
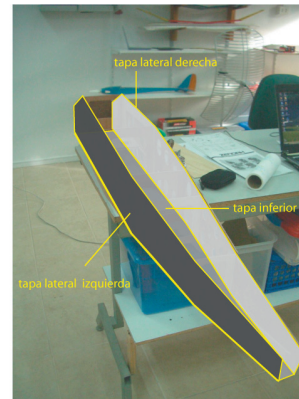
El sistema estructural se conforma por dos placas laterales, una inferior, 5 tapas superiores y 7 secciones transversales. Las placas usadas en la estructura son de 3 Mm. de espesor, por lo que queda sobre estructurada la misma dados los bajos requerimientos estructurales del fuselaje. Finalmente se obtiene un fuselaje muy riguroso y pesado, con gran número de piezas. Por la construcción es completamente artesanal, cada parte se corta, prepara y ensambla a mano. Se trabaja con un formato pequeño de piezas, por lo que demanda un trabajo minucioso. Dicha producción artesanal toma a dos operarios construir la nave cerca de 15 días. Tiempo excesivo y limitante de construcción, al pensar en prestar servicios a empresas privadas.



Estructura de terciado con perforaciones



Estructura constructiva del GIANT



Detalles constructivos: pasadores, bisagras y compuertas

### > Oportunidades para abordar el proyecto GIANT

Es notable el gran avance que ha tenido el proyecto GIANT en cuanto al desarrollo tecnológico de los sistemas internos, sin embargo, en el diseño del fuselaje como tal, pensado éste como objeto de desempeño aéreo y a su vez de interfaz de uso, aún no se ha hecho alguna intervención relevante o intencionada más que la simple adaptación del primer diseño de nave a las necesidades espaciales de los sistemas subsiguientes. Consecuentemente han pasado por alto tanto los requerimientos, capacidades y gustos del usuario, como la optimización de espacios, performance aérea y valor simbólico del vehículo. Dichas variables son oportunidades a abordar por un nuevo proyecto.

### > Justificación

Si bien el proyecto se perfila como un encargo aeronáutico, existe todavía un área de importante intervención para el diseñador industrial que recae en los aspectos funcionales, constructivos y por sobre todo prácticos del producto; relacionado este último a la interfaz con el usuario.

Dado que la función del GIANT es ser un avión experimental y que evoluciona continuamente, es intervenido a diario por los técnicos y alumnos en busca de probar diferentes mecanismos de control, tarjetas electrónicas o carga útil [5], en el interior del avión, actividad que demandan un continuo acceso manual, preciso y efectivo al interior de la nave. Condición al momento insatisfecha.

Por otro lado, los materiales y demás componentes que se usan para la construcción del GIANT poseen varias restricciones en cuanto a su formato y docilidad, los cuales

limitan enormemente el diseño de la nave e influyen negativamente en cuanto al peso del mismo, consecuentemente en su desempeño aéreo no es óptimo.

Finalmente, el uso de métodos artesanales para la construcción de los prototipos limita la productividad a la hora de pensar en una futura comercialización de naves de servicios y/o vehículos.

## > Definición de la Intervención de Diseño

Ante las justificaciones citadas anteriormente, este proyecto pretende fortalecer y optimizar la construcción del GIANT en tres aspectos:

- Facilitar la interfaz de uso
- Optimizar el desempeño aéreo
- Agilizar los procesos de producción

Dada la amplitud del proyecto GIANT y considerando el tiempo que contempla el desarrollo del presente Proyecto de Título, se ha diseñado un plan de acción para abordar el tema en un tiempo real y por ende fijando objetivos parciales, con ello se consigue que el proyecto quede abierto a su continuidad, ya sea por parte del mismo autor o por parte de grupos que a futuro identifiquen la importancia y validez de esta propuesta, tanto en su sustentabilidad, como en su sostenibilidad.

Junto al profesor asistente Frank Tinapp, en su calidad de Ingeniero Aeroespacial y mis aportes como estudiante de Diseño Industrial, se ha determinado que el fuselaje será el área más importante a intervenir por mi parte, considerando la condición de uso de este subsistema y su continua relación con el usuario. Los otros subsistemas: ala, empenaje y tren de aterrizaje, demandan un diseño en su mayoría aeronáutico, por lo que no se contemplan en el desarrollo de esta propuesta.

Es importante destacar que se tuvo la oportunidad de desarrollarlo el presente proyecto in situ, de tal suerte que las necesidades de la contraparte (Grupo de Interés en Aviones No Tripulados) fueron acogidas oportunamente a lo largo del rediseño de la nave.

A continuación, el documento da cuenta del desarrollo teórico, conceptual, formal, y técnico sobre el que se yergue la nueva propuesta de diseño para el fuselaje GIANT.

## METODOLOGIA

- Estudio cualitativo con usuarios: Obtención de datos y estudio con técnicos y alumnos que interactúan a diario con la nave. Precisamente son ellos a quienes este proyecto satisface en su gran mayoría, ya que representan los partícipes directos de la interfaz.

- Opiniones de los expertos: Entrevistas con ingenieros aeroespaciales para decisiones aerodinámicas, e ingenieros mecánicos para decisiones estructurales y mecánicas.

- Estrategias y metodologías de Diseño: Se toman los principios del Diseño Conceptual como herramienta metodológica para modelar la interfaz de uso.

Para analizar y definir el gesto del usuario en el desarrollo de la tarea, se toman criterios ergonómicos, primordialmente relacionados éstos con la adaptación del trabajo al hombre y el análisis de la tarea.

---

[1] Primer avión pre-armado y a control remoto, denominado también GIANT I. Adquisición de la Universidad de Concepción. Año 2001.

[2] Capacidad de volar de forma autónoma, bajo una misión programada.

[3] Memoria: Combate de Incendios UAV. Hoy las tareas de coordinación en un incendio forestal son desempeñadas por avionetas tripuladas que vuelan sobre los 5000 ft. Mauricio Gonzáles - Estudiante Universidad de Concepción.

[4] Se llama así a la reacción al avance que producen las partículas de aire al friccionar contra toda la estructura del avión.

[5] Elementos concernientes a cámaras, sensores, tarjetas madres, lectores, medidores, etc.

## 03. MARCO TEÓRICO

### I ASPECTOS RELEVANTES AL AVION

#### > Fuerzas que Actuan Sobre un Avión en Vuelo

##### -Sustentación

El avance de un avión dentro de una masa de aire provoca un viento relativo que al circular por sobre sus alas produce la sustentación. Este enunciado explica por sí solo la teoría de la sustentación: “Si en un tubo determinado, la velocidad del fluido que lo recorre es incrementada en algún punto, la presión se reducirá en ese punto”. Daniel Bernoulli (1700-1782).

Además, al avanzar el avión por efecto de la tracción, automáticamente aparece otra fuerza, la carga o la resistencia al avance, que actúa en contraposición de la anterior. Por último, la fuerza de gravedad, a la que se opone la arriba nombrada sustentación.

##### -Tracción

La tracción, que es la fuerza que produce el avance del avión, se obtiene de la planta de poder, pudiendo ser ésta un motor a pistón, turbohélice, turbo fan, turbina pura. Aquí se considerará el motor a explosión o a pistón que mueve una hélice, que es el elemento que finalmente producirá la tracción.

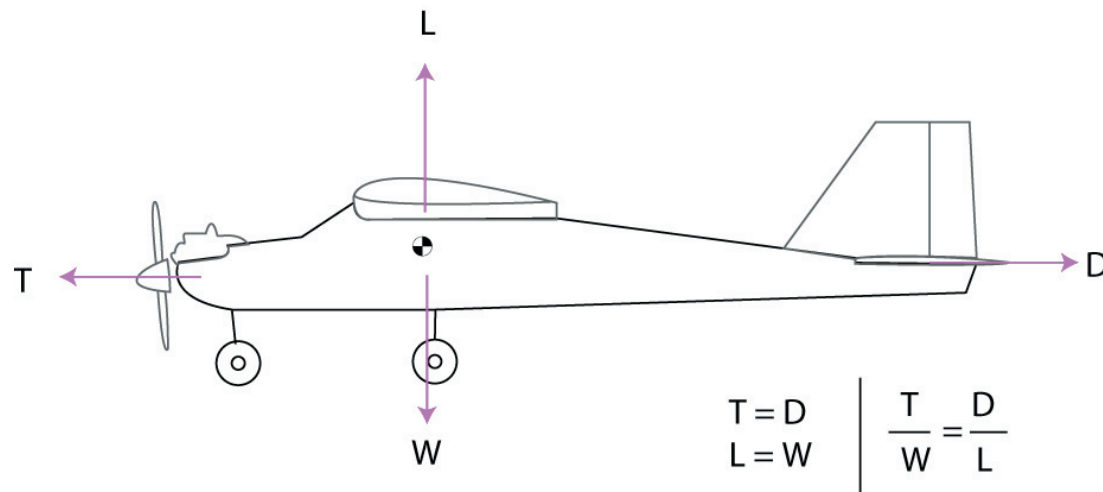
##### -Carga o Resistencia al Aavance

Se llama así a la reacción al avance que producen las partículas de aire al friccionar contra toda la estructura del avión. La resistencia al avance es mayor cuando menor sea la altitud a que se vuela, y disminuirá a medida que se ascienda, debido a que la densidad atmosférica es inversamente proporcional a la altura.



### -Fuerza de Gravedad

Esta es la cuarta de las fuerzas que actúan sobre un avión en vuelo, debiendo ser contrarrestada por la sustentación, siendo, por lo tanto el peso total del avión, la primera fuerza a superar para que el vuelo sea posible. El valor de la fuerza de gravedad entre dos cuerpos depende de la masa de éstos y de la distancia que los separa. Cuánto mayor sea la distancia menor será la atracción entre ellos, pues aquella fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Cuando se habla de la atracción por gravedad entre un cuerpo y la tierra, se la denomina “peso” de ese cuerpo. Las actuaciones del avión pueden deducirse fácilmente analizando la naturaleza de las fuerzas que actúan sobre él en la condición que se desee estudiar, vuelo horizontal, subida, viraje, etc.



En la figura se representan las fuerzas que actúan sobre un avión, en vuelo horizontal y sin aceleración. Donde: T = Tracción (Thrust) D = Arrastre (Drag)  
L = Sustentación (Lift) W = Peso (Weight)

### > Equilibrio de las Fuerzas de un Avión en Vuelo Horizontal

Cuando un avión se encuentra realizando un vuelo horizontal, el sistema deberá permanecer en equilibrio:  $T = D$  y  $L = W$ . Si el valor de alguna de las fuerzas incrementa o disminuye habrá paralelamente otra fuerza que compense dicha variación ya sea de forma positiva o negativa a ésta correspondientemente; por consiguiente, al reducir la fuerza de arrastre (D) consecuentemente la fuerza de tracción (T) disminuirá, y así cuando disminuya la fuerza de gravedad (W) la fuerza de sustentación también disminuirá., obteniendo un mejor desempeño aerodinámico y un desplazamiento mayor de la nave. Esta relación se conoce con el nombre de relación peso/potencia.

Esta es una de las variable que se pretende abordar con el presente proyecto, por ello será importante analizar la mejor manera de optimizar

la nave en cuanto a peso y resistencia al avance.

### > Factores que Afectan a un Avión en Vuelo

Los factores en el fuselaje que influyen en el vuelo del avión son: velocidad y peso.

El primer elemento o factor que afecta al vuelo de un avión es la velocidad. Cuanto más rápido vuele un avión, menor será la presión sobre la parte superior del ala. También se produce un mayor impacto de moléculas de aire en la parte inferior del ala. En esta forma, la velocidad incrementa la sustentación. Pero, consecuentemente, un aumento de la velocidad de vuelo incrementa también la resistencia al avance.

En cuanto al peso o balanceo, que es la distribución de las cargas en una aeronave, tiene muchísima importancia,

dado que una sobrecarga en cualquier zona irremediamente provocará un desequilibrio cuyas consecuencias pueden ser irreparables. Por ello se hace imperativo comprobar su correcta aplicación antes de emprender un vuelo. La nave siempre deberá permanecer bien equilibrada en relación a su Centro de Gravedad(CG).

### > Cargas Críticas en el Fuselaje GIANT

La estructura del fuselaje GIANT recibe las cargas de los 3 ejes: longitudinal, lateral y vertical del avión en 4 puntos de la estructura. Estos 4 puntos son los más críticos ya que de ahí se afirma el ala al fuselaje y la fuerza de sustentación provoca un momento negativo sobre el eje lateral, que repercute en una fuerza hacia arriba y otra hacia atrás. Así aquellos 4 puntos son los más importantes a considerar para el diseño de la estructura del nuevo fuselaje.

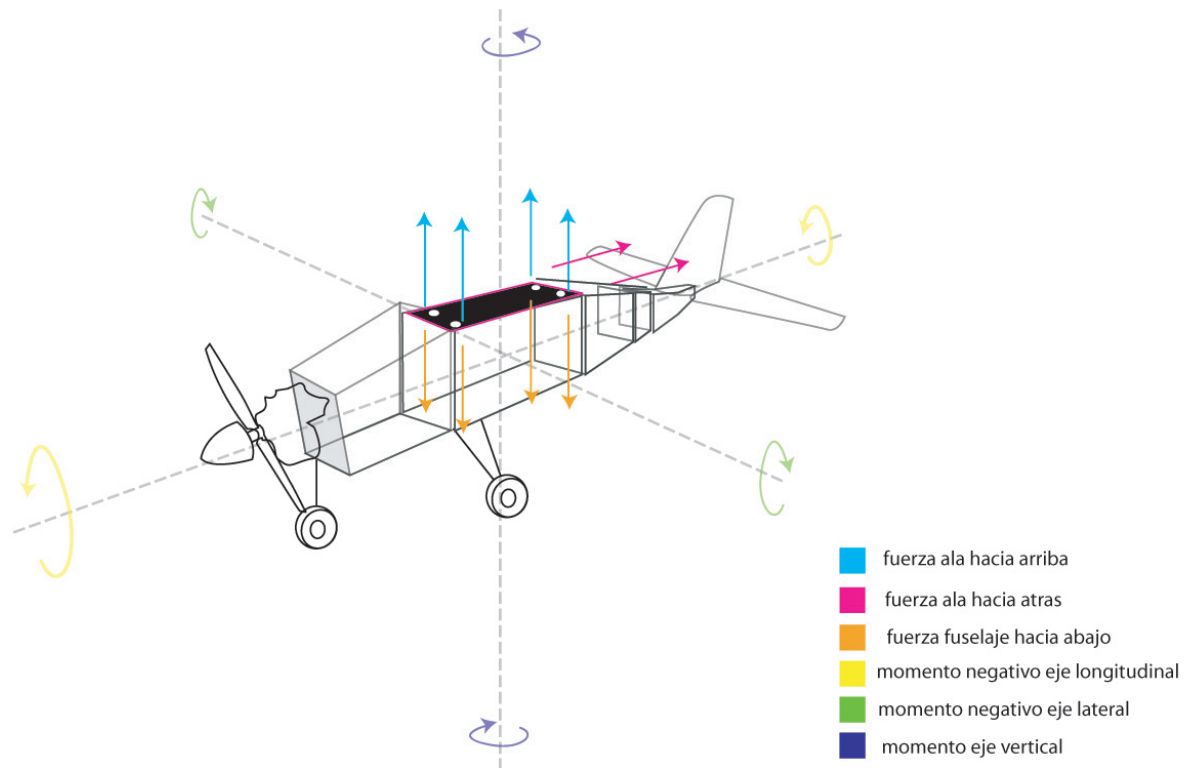


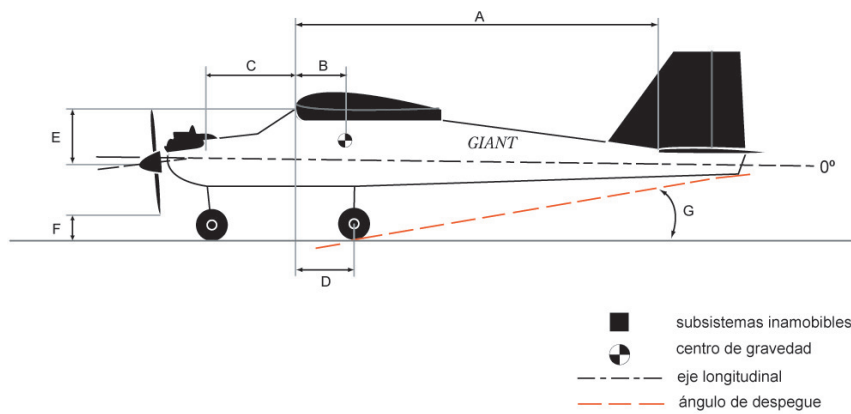
Diagrama de fuerzas que actúan sobre el fuselaje GIANT

### > Normas Y Parámetros Aeronáuticos Inmodificables en el GIANT

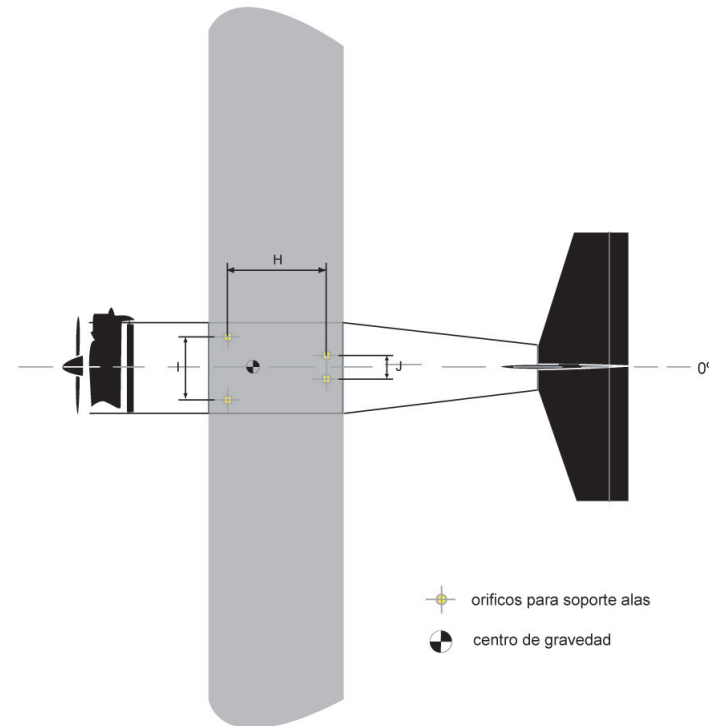
Dado el carácter experimental del GIANT, el interés del grupo es tener un vuelo estable y de fácil maniobrabilidad; lento para la toma de imágenes aéreas. Dicho diseño de vuelo es una variable inmodificable para el nuevo proyecto, y se acota a las siguientes dimensiones:

- A= Distancia ala - empenaje de cola
- B= Distancia ala - eje vertical al centro de gravedad
- C= Distancia ala - base del motor
- D= Distancia ala - eje tren de aterrizaje
- E= Distancia eje central motor de hélice - eje horizontal ala
- F= Distancia hélice - superficie del suelo
- G= Ángulo de despegue
- H= Distancia entre los ejes laterales de sujeción para el ala

I= Distancia entre los ejes frontales de sujeción para el ala  
 J= Distancia entre los ejes traseros de sujeción para el ala



Normas y restricciones dimensionales para el diseño del fuselaje



Restricciones dimensionales en torno a la sujeción del ala

## II ASPECTOS RELEVANTES AL USUARIO

Para abordar el tema de la interfaz de uso, la presente investigación se apoya en principios ergonómicos en busca de adaptar la máquina a las capacidades y exigencias de los usuarios.

Dadas las características del presente proyecto y considerando la relación de uso entre el usuario y el fuselaje, se toma en cuenta los principios que evalúa la ergonomía tanto para el diseño de puestos de trabajo, como para el ordenamiento de controles y equipamientos en una actividad.

### > EL Diseño de los Puestos De Trabajo

El diseño ergonómico en el puesto de trabajo intenta obtener un ajuste adecuado entre las aptitudes o habilidades del trabajador y los requerimientos del trabajo.

Es importante diseñar los puestos de trabajo teniendo en cuenta los factores humanos. Los puestos de trabajo bien diseñados tienen en cuenta las características mentales y físicas del trabajador y sus condiciones de salud y seguridad. La manera en que se diseña un puesto de trabajo determina si será variado o repetitivo, si permitirá al trabajador estar cómodo o le obligará a adoptar posiciones forzadas y si entraña tareas interesantes o estimulantes o bien monótonas y aburridas. A continuación se exponen algunos factores ergonómicos que habrá que tener en cuenta al diseñar o rediseñar puestos de trabajo:

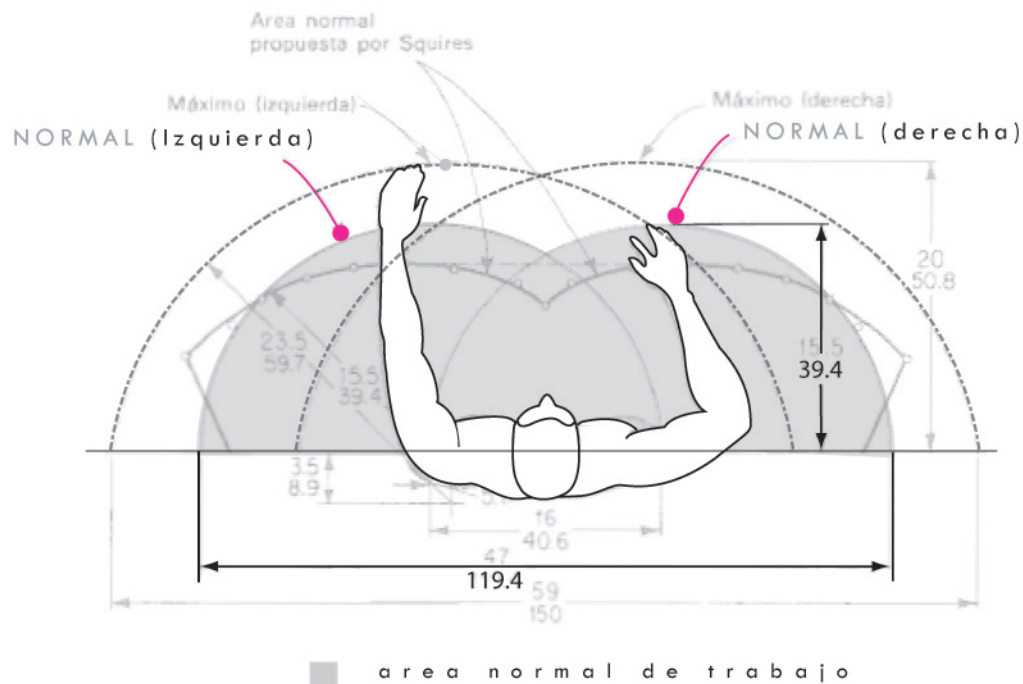
- tipos de tareas que hay que realizar;
- cómo hay que realizarlas;
- cuántas tareas hay que realizar;
- el orden en que hay que realizarlas;
- el tipo de equipo necesario para efectuarlas.

### > Superficie Horizontal de Trabajo

Mucho tipo de actividades manuales se efectúan sobre superficies horizontales, tales como bancos de trabajo, pupitres, mesas, etc. Por lo que respecto a tales superficies de trabajo, Barnes propuso las áreas normal y máxima. Dichas áreas aparecen se han descrito de la manera siguiente:

1. Área normal. Es el área que puede alcanzarse con una extensión del antebrazo, manteniendo la parte superior del brazo en su posición natural lateral.

2. Área máxima. Es el área que puede alcanzarse al extender el brazo a partir del hombro.



### > Principios Guías de Distribución

Para hablar del ordenamiento interno que se quiera dar a la plataforma experimental, y resolver que cosa va en cada sitio es importante citar algunos principios que establece Mc. Cormick en relación a los factores humanos y la distribución específica de los componentes.

**Principio de Importancia.** Este principio trata de la importancia operacional. La determinación de la importancia es materia de juicio.

**Principio de Frecuencia de uso.** Este concepto se aplica a la frecuencia con que se utiliza algún componente.

**Principio Funcional.** El principio funcional de distribución procura agrupar los componentes según su función operativa.

**Principio de la Secuencia de uso.** Existen secuencias o modelos de relaciones que aparecen con frecuencia durante la operación de los implementos. Al aplicar este principio, los ítems

quedarían distribuidos de tal modo que se obtendrían ventajas de tales modelos; por tanto, los ítems empleados en secuencia deberían estar estrechamente relacionados unos con otros.

### Los Controles

- La posición de los controles

La posición de los controles es de suma importancia. Un espacio demasiado amplio entre ellos obligará a movimientos innecesarios, mientras que un espacio reducido puede provocar errores. El espacio mínimo depende del tipo de mandos y por tanto, de la parte del cuerpo utilizado, de la frecuencia de acción (sucesivamente, simultáneamente, rara vez) y de si se utiliza o no protección personal.

- Indicadores visuales:

Este sistema de control provee una indicación inmediata de su estado o acción, por ejemplo: botones que se iluminan al ser presionados confirmando que el contacto electrónico se ha realizado. Estos indicadores permiten reconocer una señal de alarma de inmediato en la forma de “flash” que varían en intensidad o luminosidad.

TIPO DE ACCIÓN REQUERIDA	DEDO		MANO			PIE	
	Botón	Interruptor	Palanca	Manivela	Botón	Entre pedales	Entre centros
Utilización de un dedo, mano o pie:							
	Sucesivamente	2,5	2,5	12,5	12,5	12,5	10
Esporádicamente	5	5	10	10	10	15	25
Más de un dedo	1	1,5					

Distancia deseable en centímetros

## > Conclusiones

Como se identifico en los antecedentes, existen tres usuarios que se acotan al desempeño de la actividad con el GIANT y con cada uno de estos un modo distinto de enfrentar la tarea, por ello, cada actividad deberá ser evaluada de acuerdo a sus exigencias.

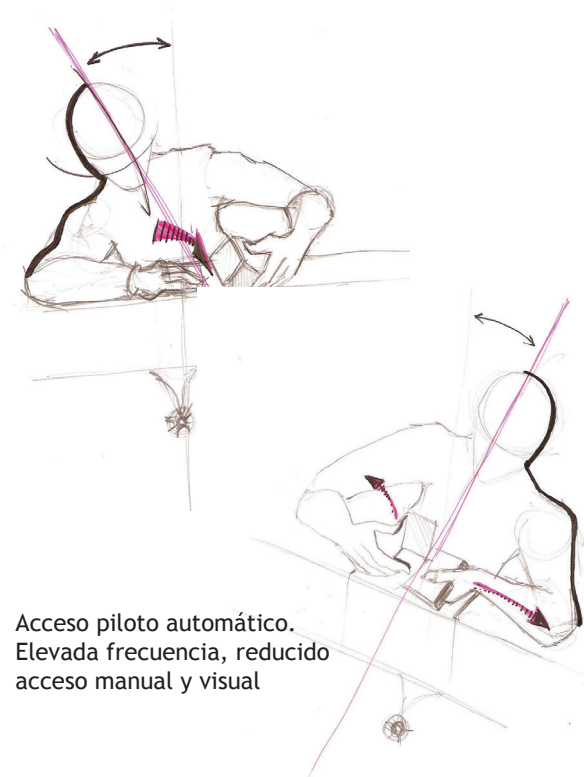
La configuración física del puesto de trabajo y los requerimientos de las actividades realizadas por los usuarios, presentan importantes factores de riesgo de lesión musculares, fundamentalmente debido a cargas físicas posturales y esfuerzos como se observó en la etapa de antecedentes.

Por ello es que se elabora un plan de intervención para dicho fuselaje, consistente en la modificación de los métodos de trabajo actuales mediante el cambio postural, proponiendo nuevas formas de enfrentar la tarea acordes a las capacidades de los usuarios y los

tipos de usuario, que hasta el momento no habían sido incluidos en el diseño de la maquina. Además un reordenamiento de las partes que componen el fuselaje en relación a la frecuencia de uso, frecuencia funcional, acceso visual y pesos a los que responden los distintos equipos. Estos ángulos de trabajo, pretenden mejorar la postura evitando la forzosa flexión media del tronco al entrar con ambas manos al interior del fuselaje a través de los compartimentos de acceso superior y mejorar el alcance del operador.

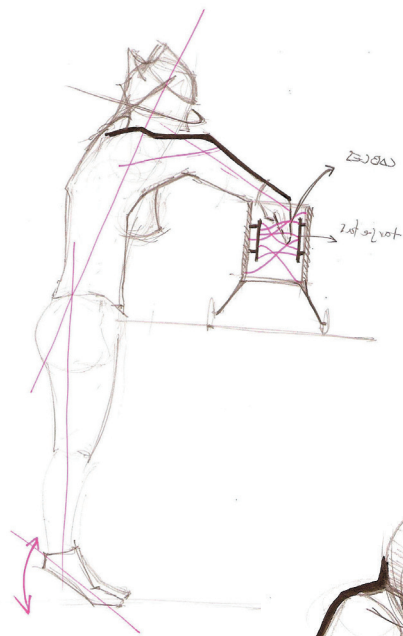
Hay que señalar que los resultados concretos se refieren a cuatro tipos de tareas específicas, mismas que responden a ser las más frecuentadas por los usuarios del laboratorio: acceso autopiloto, experimentación sistema electrónico, acceso a compartimentos y desmontaje de cámara fotográfica.

## > Gestos Observados

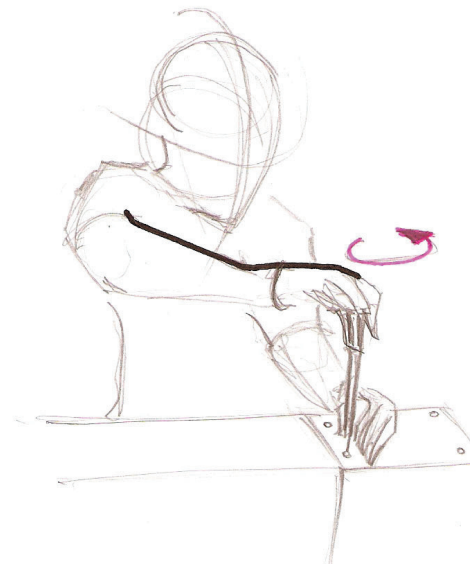


Acceso piloto automático.  
Elevada frecuencia, reducido  
acceso manual y visual

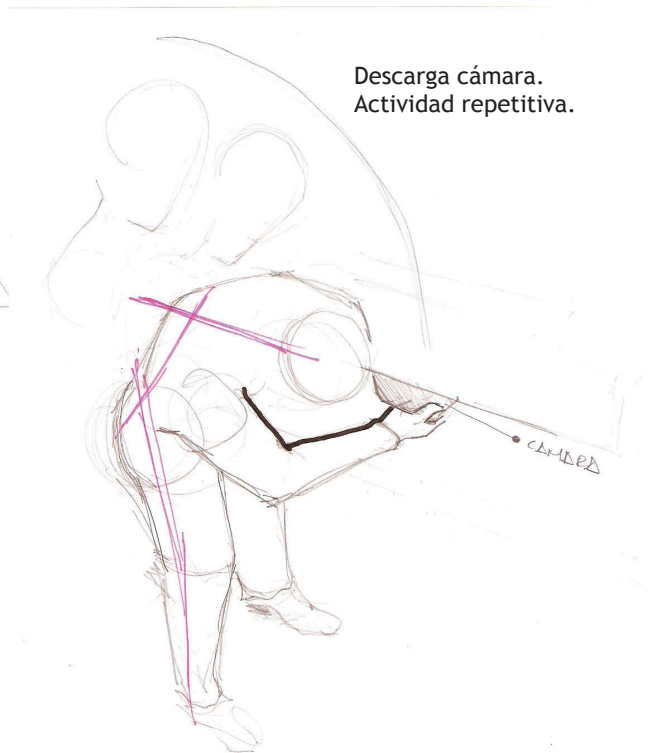




Alumna probando tarjeta electrónica. Dificultad de acceso manual por cableado eléctrico.

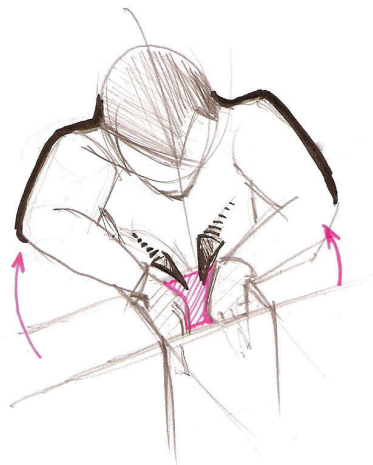


Acceso a compartimento con tornillos. Motricidad fina, actividad repetitiva.

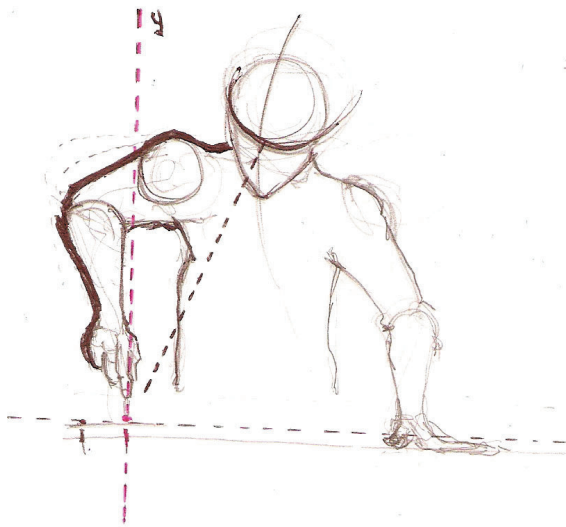


Descarga cámara. Actividad repetitiva.

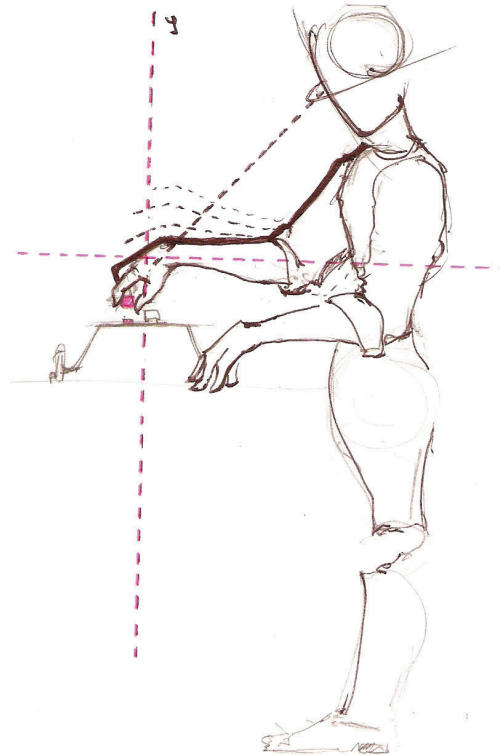
Conexión de cables. Brazos elevados, poca visibilidad; desconexión de cables de modo accidental.



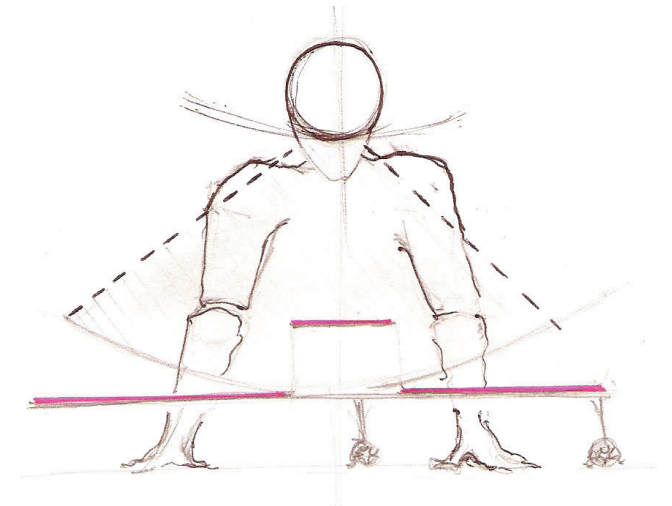
## &gt; Gestos Propuestos



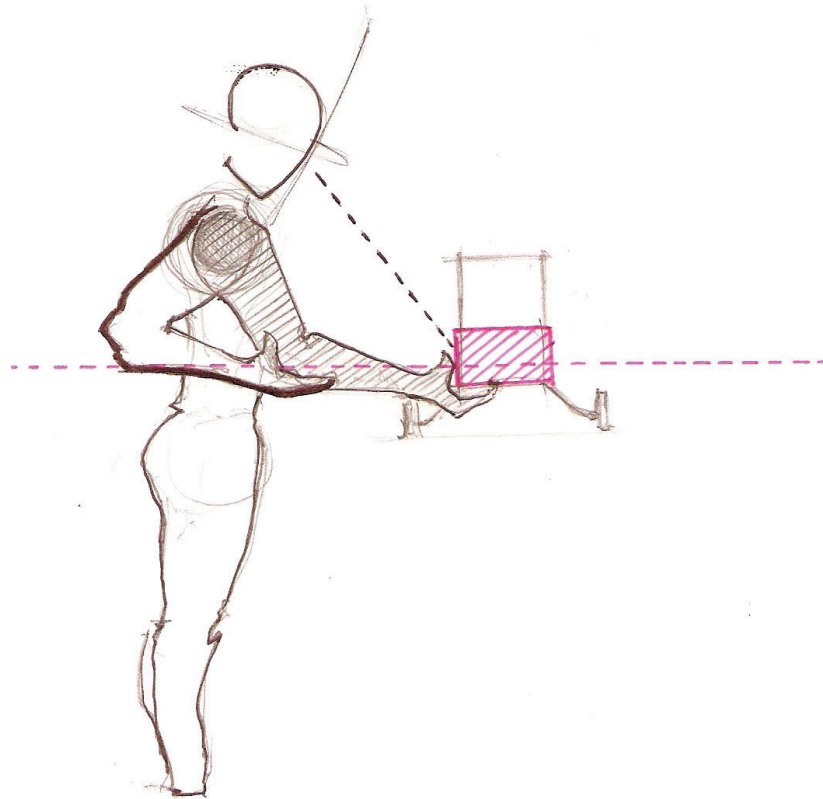
Acceso libre frontal superior.  
Movimiento motriz perpendicular  
a la superficie.  
Acceso visual superior.  
Actividad de fuerza eje Y.



Movimiento en 2 ejes.  
Desplazamiento x para acceder.  
desplazamiento y para conectar.  
Actividad de precisión.  
Uso de una mano.



Acceso visual libre al sistema



Acceso frontal a la cámara.  
Sistema desmontable.

Estos nuevos gestos rescatados son una aproximación a la nueva forma de abordar la tarea, mediante la implementación de un sistema de reordenamiento interno, que lleve los sistemas de acceso visual a un solo plano, con el fin de mejorar la experimentación y revisión técnica. De esta forma se facilita la visualización completa de toda la zona de trabajo y un alcance frontal a los equipos y sistemas. Ahora esta teoría deberá llevarse a la etapa de Génesis formal para enfrentarla a los parámetros establecidos por los distintos sistemas que incorporara la plataforma y geometría de vuelo propuesta, para llegar a un acuerdo entre lo que el gesto demanda y el vehículo exige.



## O4. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

### > Tema

El fuselaje en aviones no tripulados multipropósito, como laboratorio de operaciones para el montaje de sistemas experimentales.

- Diseñar una estructura de fuselaje que, cuando avión proteja los sistemas en su interior y cuando estación de trabajo exponga los sistemas fácilmente.
- Establecer un principio de orden interno para los sistemas de acuerdo a la frecuencia de uso.

### OBJETIVO GENERAL

Rediseñar el fuselaje GIANT con el propósito de mejorar la interfaz de uso. Además, optimizar el desempeño aéreo del avión y plantear procesos productivos que agilicen la fabricación de los prototipos en relación a los actuales.

#### Uso frecuente:

- .tarjetas electrónicas
- .piloto automático
- .cámara fotográfica

#### Uso poco frecuente:

- .tanque de combustible
- .baterías

- Delimitar espacios simbólicos por tipo de usuario.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Adecuar el diseño del fuselaje GIANT a las capacidades físicas y necesidades del usuario.

#### Usuarios:

- .alumno experimental
- .técnico del laboratorio
- .piloto

- Crear un espacio de uso experimental.



- Crear un compartimiento para la cámara de fotos desmontable.
- Zonificar los controles e indicadores externos del fuselaje.

Estos son:

- .switch para: motor, autopiloto, ala, fuselaje y carga útil
- .puerto de carga de baterías

- Aumentar la actual capacidad del tanque de combustible

- Mejorar la eficiencia aerodinámica del fuselaje en función de la relación peso/potencia:

- .material mas liviano al actual
- .reducción de arrastre en un 15% al actual

- Proponer un proceso constructivo que agilice la producción de los prototipos en relación al actual.

## > Requerimientos

- La nueva propuesta de diseño se yergue sobre la base del modelo de vuelo GIANT III, manteniendo la geometría de vuelo:

- .Empenaje
- .Tren Triciclo
- .Ala
- .Motor Zenoha
- .Centro de Gravedad

- Incorporar en el avión todos los sistemas existentes en el GIANT III: cámara de fotos estándar de gran alcance, piloto automático, sistemas electrónicos, baterías y un tanque de combustible que dota al avión de una hora de autonomía.

## > Alcance del Proyecto

El proyecto pretende crear un modelo conceptual de fuselaje, optimizado aerodinámicamente y resuelto a través de la interfaz de uso, aplicable a la geometría de vuelo GIANT, mas no procura la solución detallada de cada pieza del mismo.

Las decisiones aerodinámicas de la nave quedan bajo responsabilidad del profesor asistente Frank Tinapp.

El diseño de todos los sistemas que van en el interior del fuselaje, así como los controles y sistemas electrónicos es responsabilidad de los alumnos de cada área según corresponda.

El diseño parte sobre la geometría de vuelo establecida por el Grupo Investigativo, y sujeta a los equipos y sistemas tecnológicos del GIANT III. Las mejoras aplicables al prototipo se acotan al subsistema fuselaje.



## > Innovación

La innovación del proyecto se caracteriza por ser de tipo incremental.

El nuevo diseño GIANT 5.0 incorpora a la función de los aviones no tripulados el concepto de usuario (actor anteriormente no considerado en la interfaz del vehículo) y la optimización de espacios.

## > Destinatarios

Se han considerado cuatro destinatarios para este proyecto:

**USUARIO DEL GIANT:** Los primeros beneficiarios del presente rediseño son las personas que trabajan e interactúan constantemente con el prototipo GIANT, sean estos alumnos, técnicos o pilotos.

**CLIENTE PRIMARIO:** Consiste en el grupo investigativo GIANT, quienes son la contraparte solicitante de este proyecto.

**CLIENTE SECUNDARIO:** Es el cliente meta y a la vez beneficiario final de los servicios que preste la nave. Este recibirá una demostración de vuelo por parte del cliente primario y dependiendo el desempeño de la nave, optará por contratar los servicios. Cabe recalcar que este cliente negocia directamente con el cliente primario.

**FABRICANTE:** El personal encargado de la construcción y montaje de los prototipos.



## > Propuesta Conceptual

Partiendo de la dualidad que posee el fuselaje GIANT y dada la jerarquización que se quiere otorgar al usuario mediante este rediseño; la solución se proyecta desde su interior/usuario hacia su exterior/vuelo.

Un interior que por un lado conceda el ordenamiento de los órganos internos del fuselaje y por otro, acoja el gesto de precisión de los usuarios que intervienen en él, para así transformar el objeto fuselaje en un laboratorio de operaciones adecuado a la condición de uso a la que están expuestos los tres tipos de usuario: alumno, técnico y piloto.

Para expresar este concepto, se pretende extender en la horizontal los sistemas más frecuentes y en la vertical los dispositivos más delicados, incorporando en el fuselaje un lenguaje de orden, seguridad y limpieza que

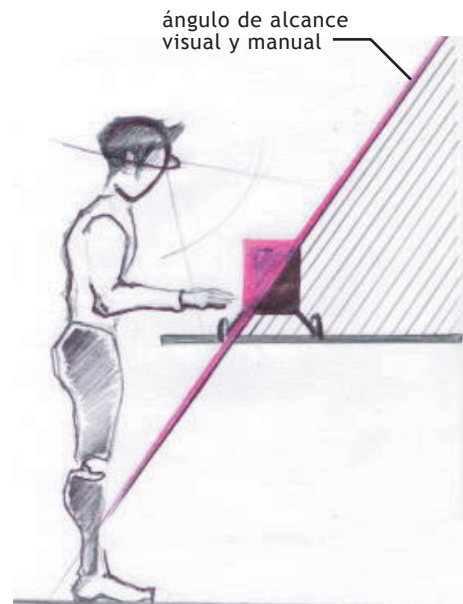
asegure la facilidad y eficiencia de los usuarios en el desempeño de la tarea.

La segunda cara de la dualidad: el exterior del fuselaje, se propone a modo de la silueta de los sistemas internos, para que guíe de forma directa y asertiva el gesto del usuario hacia la zona afectada y/o de su correspondencia. Este exterior, a más de denotar la configuración interna de los sistemas, debe protegerlos y llevar éstos al aire para exhibir sus nuevas capacidades, por ello deberá importar un lenguaje de elegancia, dinamismo y eficiencia en su performance aérea, asumiendo así además el rol de demostrador tecnológico para captar futuros clientes.

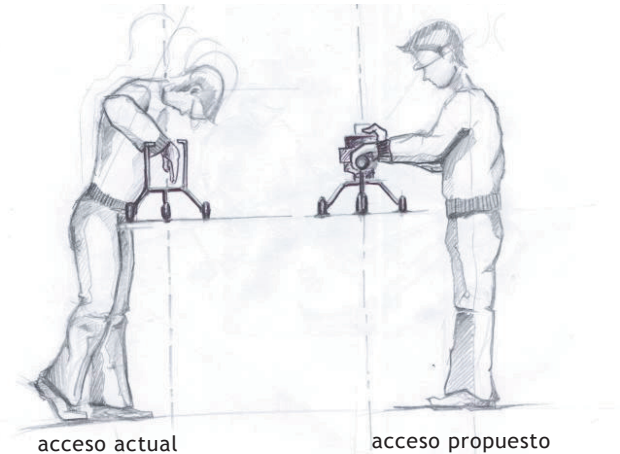
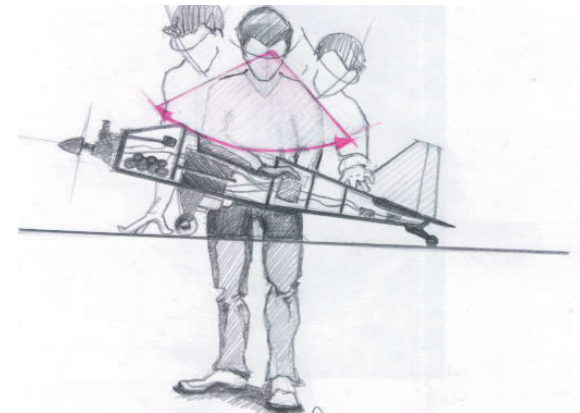
## 05. GÉNESIS FORMAL

### DISEÑO INTERIOR

El proyecto parte por diseñar la parte interior del avion, para ir moldandola a las capacidades y gesto del usuario. Para ello es importante tener claro de que manera queremos que el usuario interactue con la nave.

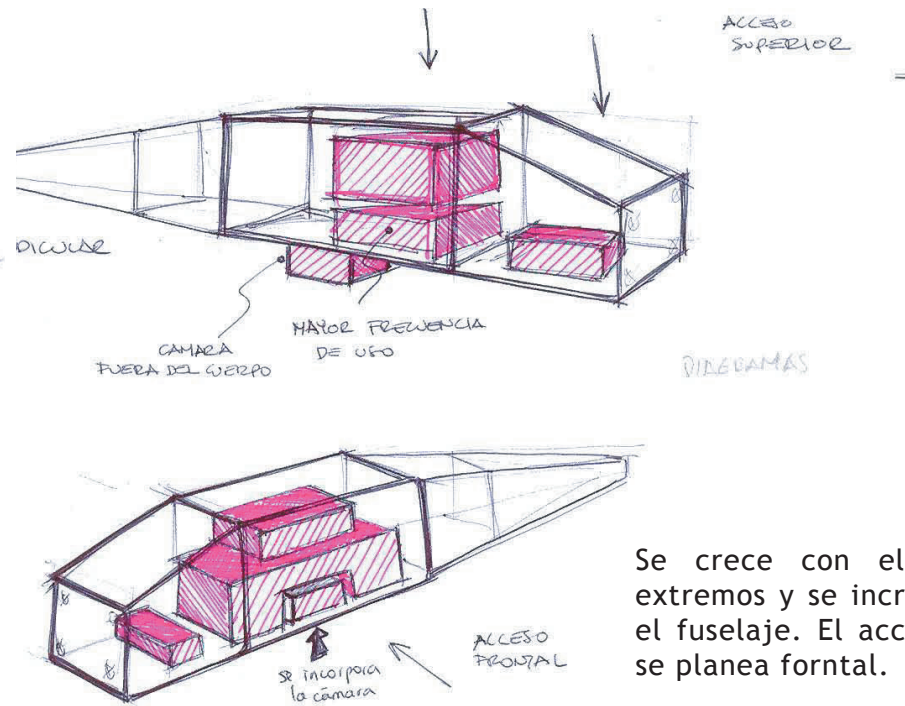
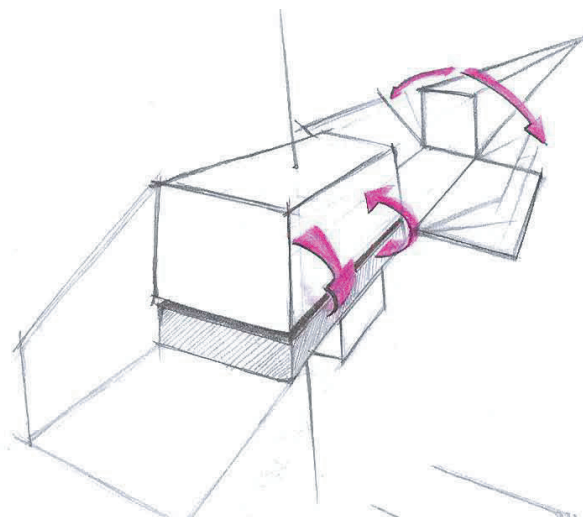


acceso visual longitudinal



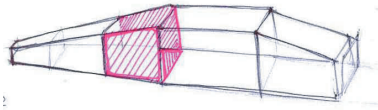


Se reordenan los volúmenes de acuerdo a su frecuencia de uso. El tanque de combustible nunca se usa y el autopiloto si, por ello el autopiloto sube al primer piso. En la parte inferior fuera del fuselaje queda la cámara.

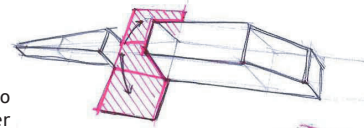


Se crece con el tanque hacia los extremos y se incorpora la cámara en el fuselaje. El acceso a los volúmenes se planea frontal.

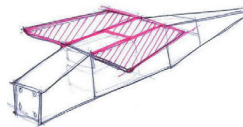
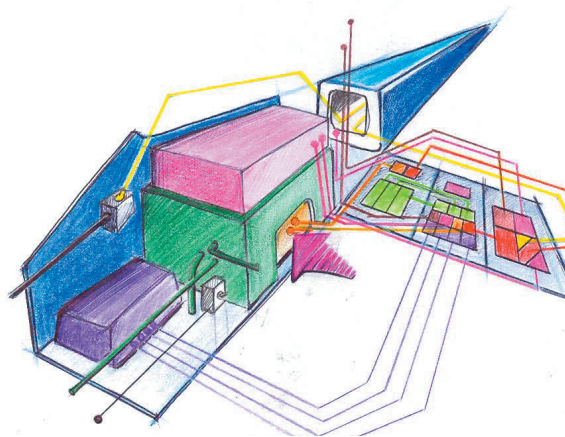
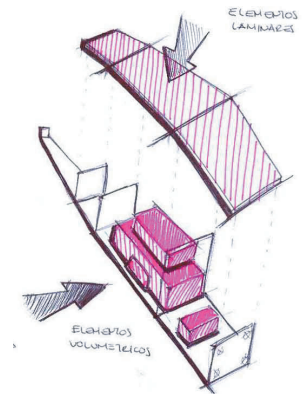
Se identifican dos formatos entre los equipos que componen la nave: uno planar y otro volumétrico. Dada la condición de uso de una tarjeta plana, se busca llevarla a que sea usada en plano.



Se abre el compartamento electrónico para acceder directamente a las tarjetas

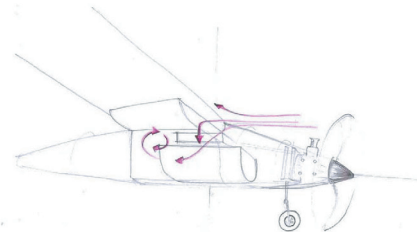


■ Tarjetas electronicas foformato laminar



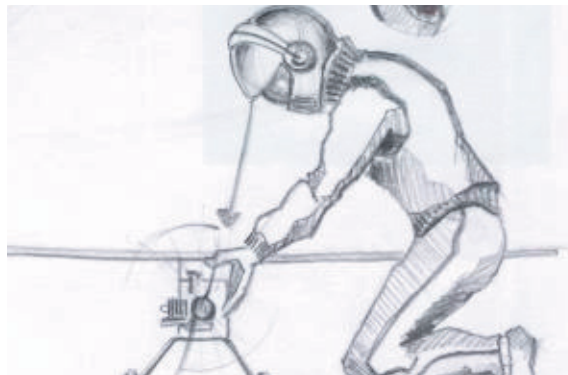
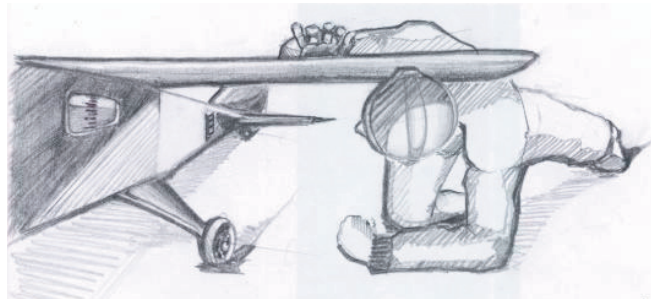
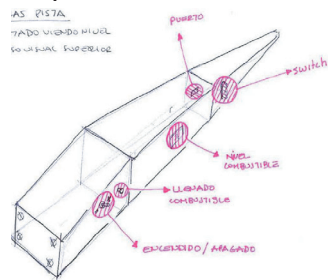
Se llevan todos los sistemas electrónicos a la superficie superior quedando expuestos al usuario directamente. Aerodinámicamente no era cumplía.

Finalmente quedan establecidos los principios de orden interno. Se procede a los controles externos

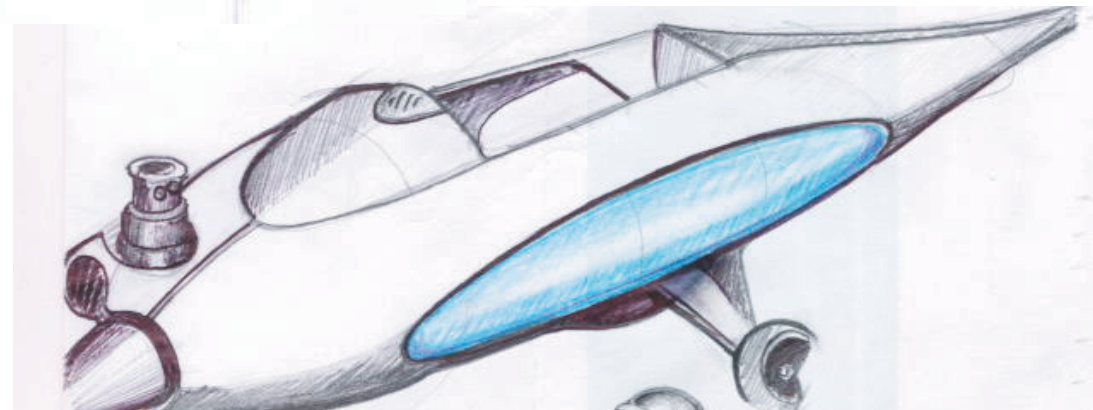


Reordenamiento de los sistemas de cableado: la mayoría van del frente hacia atrás y luego regresan. Por ello se busca llevarlos a la zona donde desperdicien menos cable y evitar el caos interno.

Los controles externos de acuerdo al criterio de zonificación, se los lleva a la zona frontal que es desde donde opera el piloto cuando esta en pista.

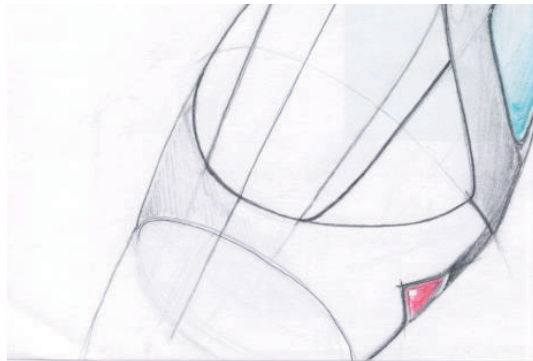
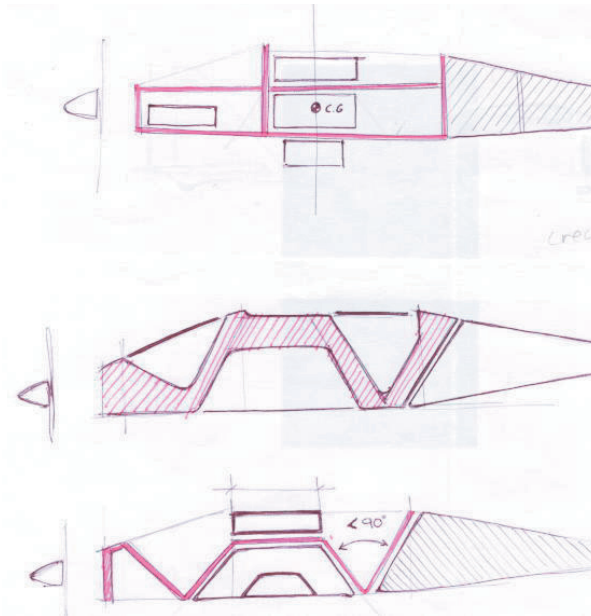


El usuario podrá acceder directamente a la cabina de control



## ESTRUCTURA

Una vez establecidos los principios internos y externos de los instrumentos se ve la forma de estructurarlos.



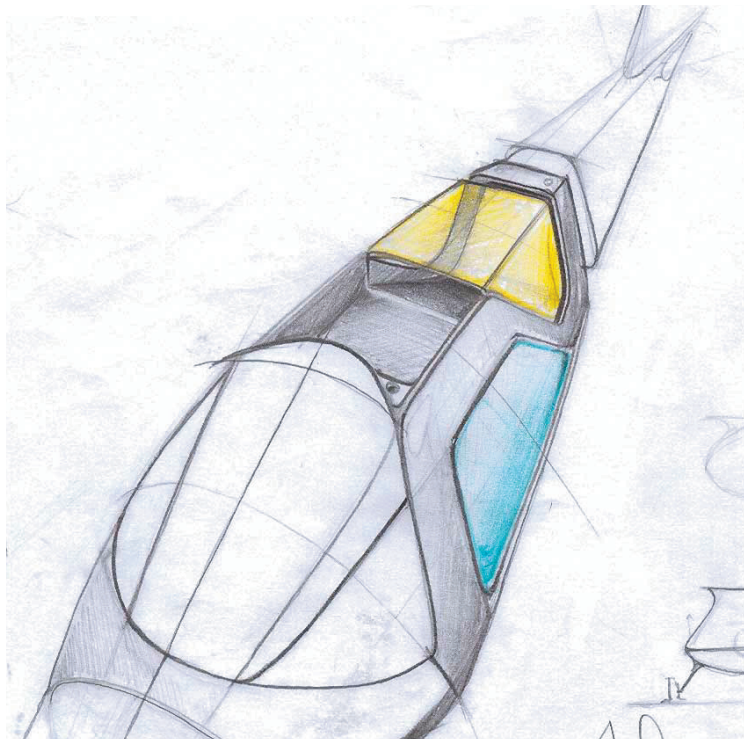
Se opta por sacar la estructura al exterior, por dos razones: una para generar mayor espacio en el interior del fuselaje y la otra poder articular el sistema.

Con la estructura se logra unir los puntos críticos donde recibe las mayores cargas el fuselaje se distribuyan sobre esta, dejando libre el espacio interno y articulable el espacio externo.

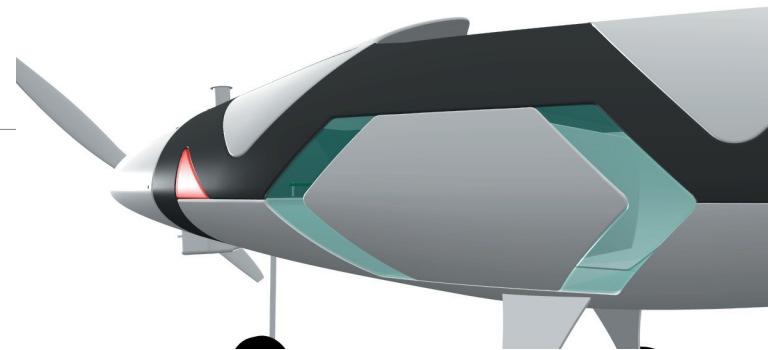
Es decir, la estructura externa - exoesqueleto - a más de cumplir con la función de estructurar el fuselaje, cumple un rol protector y de sostén de los sistemas internos. Además su forma da cuenta de la fragmentación interna del espacio, insinuando así al usuario la subdivisión del conjunto, de modo que el usuario exteriormente identifique la zona a intervenir y pueda acceder directamente.



## PROPUESTA FINAL



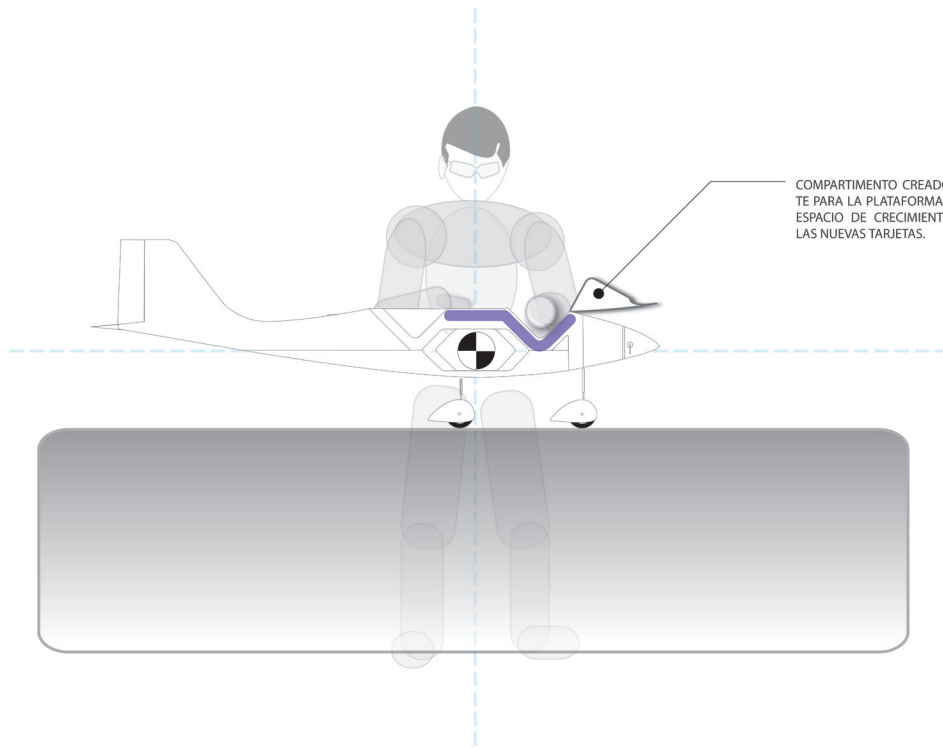
## 06. PROPUESTA DE PRODUCTO



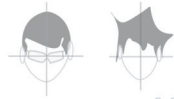


### ZONA RESTRINGIDA

USO UNICO DEL PERSONAL TÉCNICO



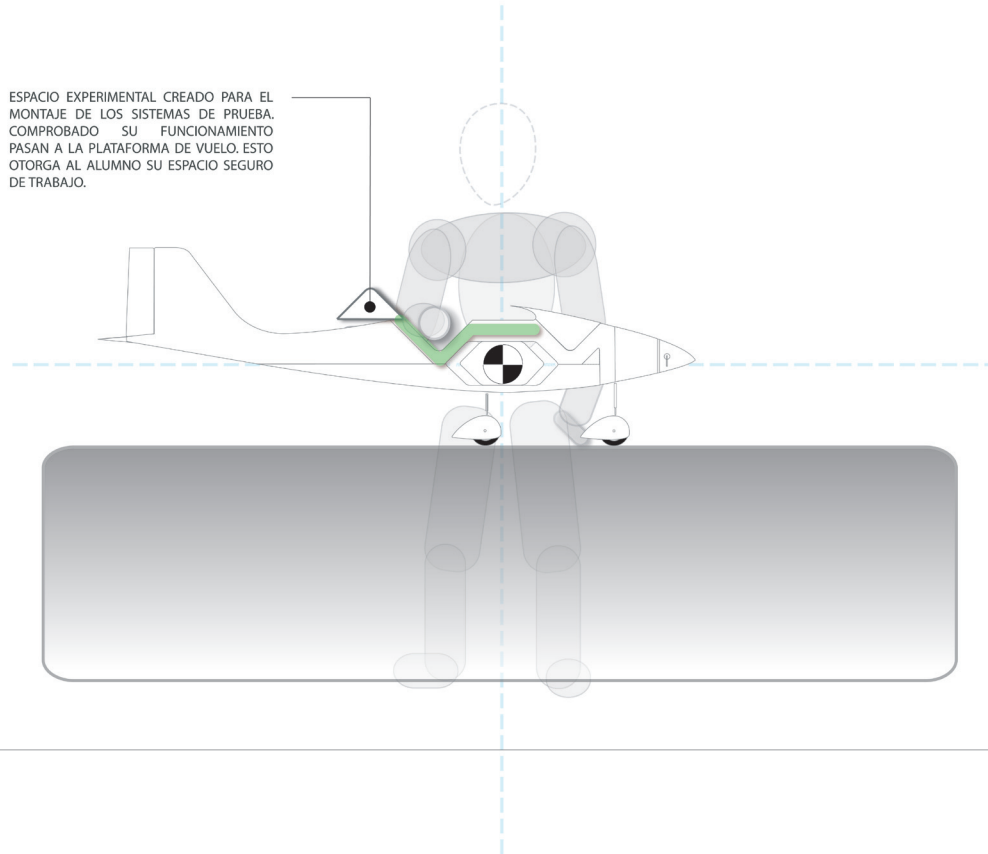
COMPARTIMENTO CREADO ESCLUSIVAMENTE PARA LA PLATAFORMA DE VUELO. POSEE ESPACIO DE CRECIMIENTO PARA MONTAR LAS NUEVAS TARJETAS.



## ZONA EXPERIMENTAL

COMPARTIMENTO PARA PROBAR NUEVOS SISTEMAS

ESPACIO EXPERIMENTAL CREADO PARA EL MONTAJE DE LOS SISTEMAS DE PRUEBA. COMPROBADO SU FUNCIONAMIENTO PASAN A LA PLATAFORMA DE VUELO. ESTO OTORGA AL ALUMNO SU ESPACIO SEGURO DE TRABAJO.

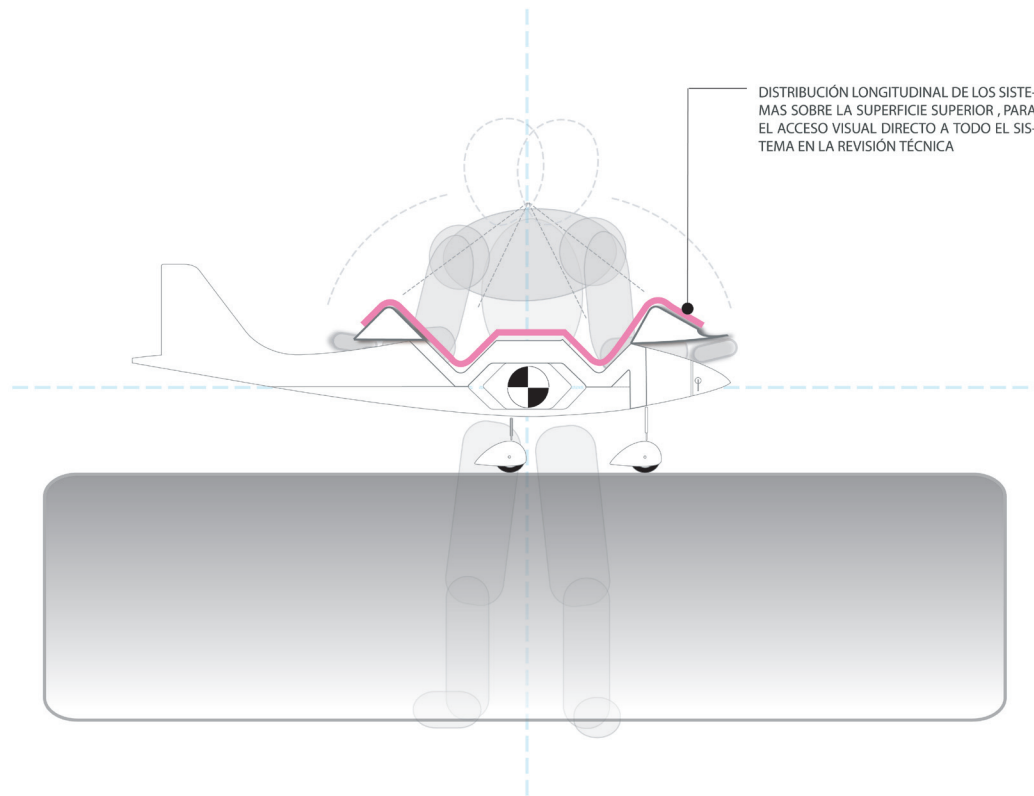






# REVISIÓN TÉCNICA

ACTIVIDAD VISUAL DE FRECUENTE ACCESO

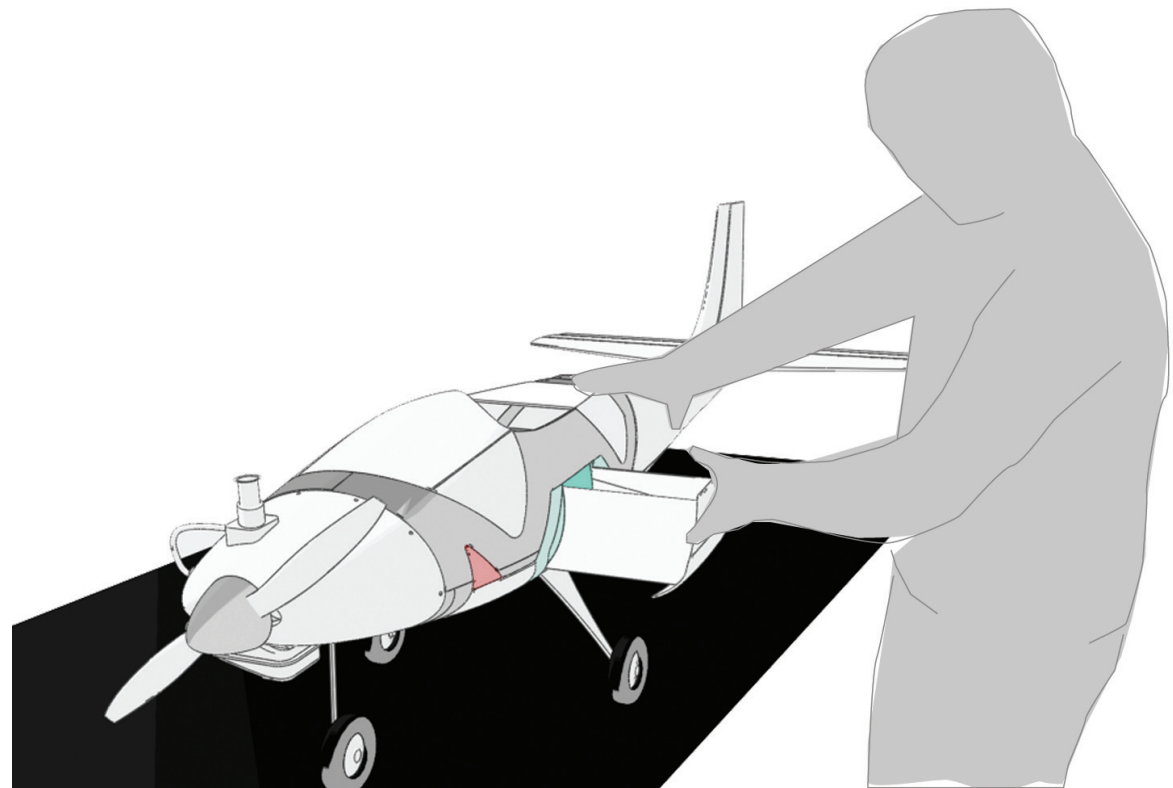


DISTRIBUCIÓN LONGITUDINAL DE LOS SISTEMAS SOBRE LA SUPERFICIE SUPERIOR, PARA EL ACCESO VISUAL DIRECTO A TODO EL SISTEMA EN LA REVISIÓN TÉCNICA

### > Cámara:

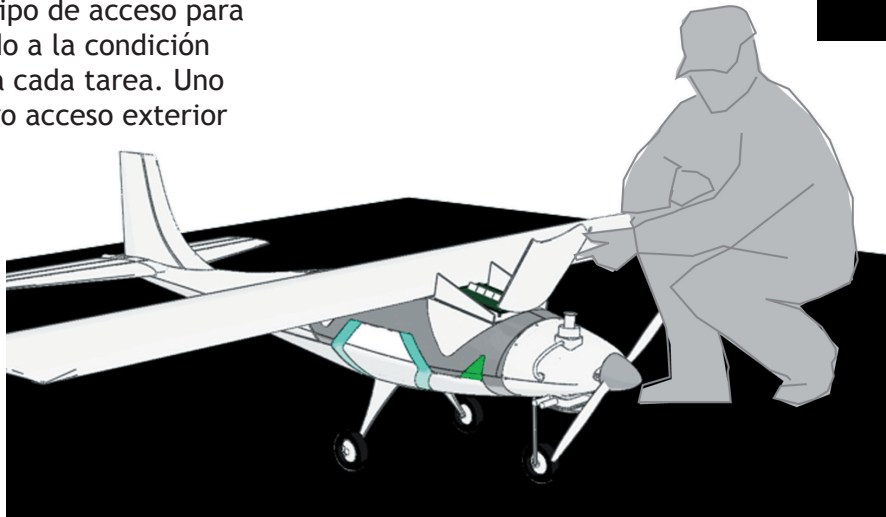
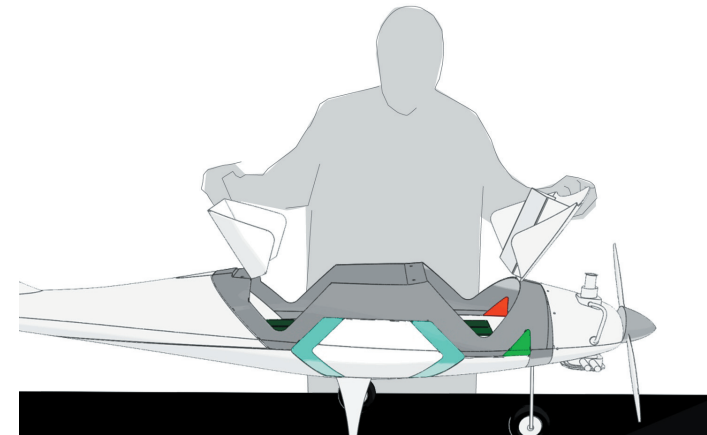
De acuerdo al grado de seguridad que demanda la cámara se le asignó el espacio central de la nave, de modo de los otros subsistemas protejan ésta ante eventuales accidentes.

Simbólicamente ubicada en el corazón del avión dada su importancia en el conjunto. La misión de vuelo gira en torno a los resultados que arroje ella. El tipo de acceso es frontal de acuerdo al ángulo de ataque definido en este gesto para el usuario.



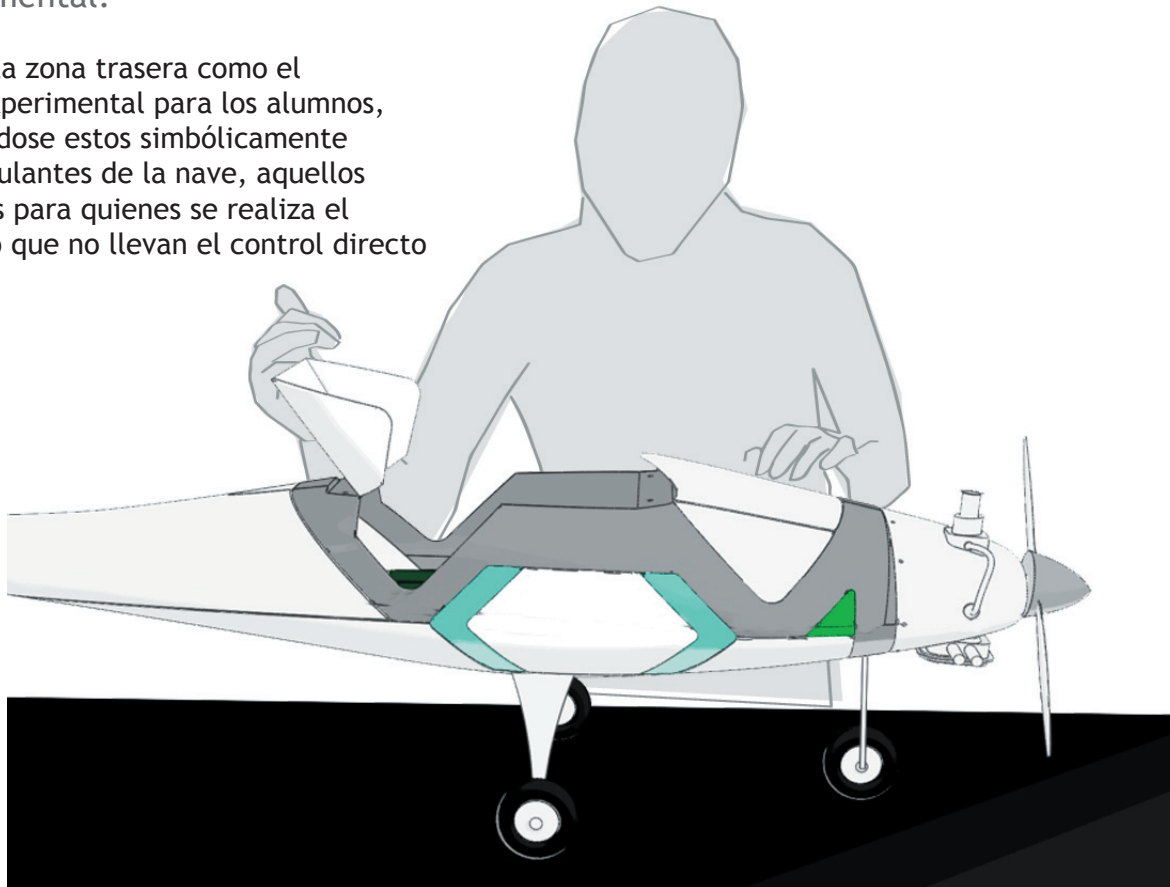
### > Cabina de Control:

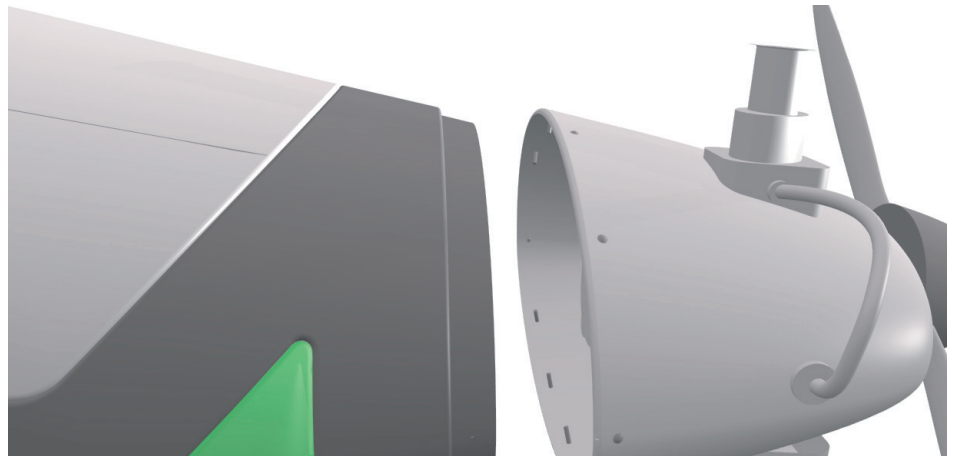
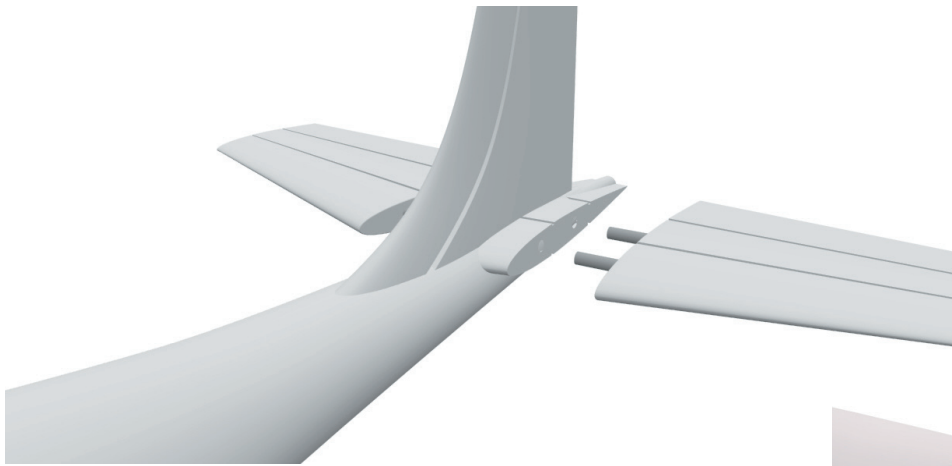
Considerando que tanto el usuario técnico como el piloto son los que llevan el control de la nave cada uno en su respectivo entorno de desempeño: técnico en el laboratorio y piloto en la pista de vuelo, y contemplando además el criterio de zonificación de los controles externos, se fija la zona frontal como el espacio simbólico asignado para ambos usuarios, diferenciando si el tipo de acceso para cada uno, de acuerdo a la condición de uso que demanda cada tarea. Uno acceso interior y otro acceso exterior respectivamente.



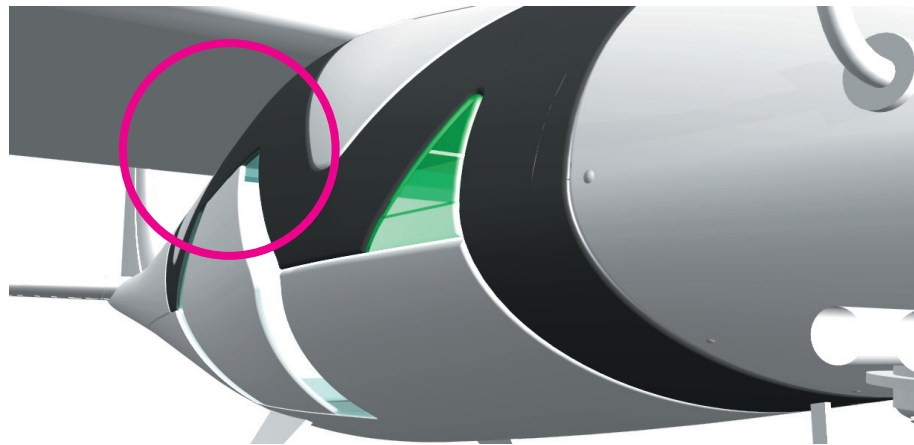
### > Experimental:

Se asigna la zona trasera como el espacio experimental para los alumnos, convirtiéndose estos simbólicamente en los tripulantes de la nave, aquellos personajes para quienes se realiza el vuelo pero que no llevan el control directo de él.



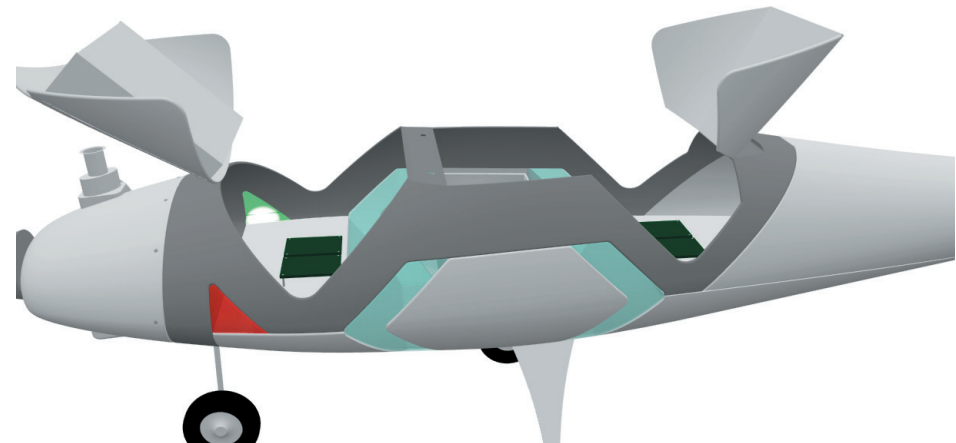


Sistemas desmontables: Empenaje y Couling



#### > Sistema de Fijación:

Se propone un sistema de fijación sin tornillos para las tapas, de modo que el usuario no necesite de herramientas especiales ni demorar la tarea, para acceder al compartimento. Esta solución se basa en el criterio de la frecuencia de uso de los compartimentos y xq había una actividad repetitiva.











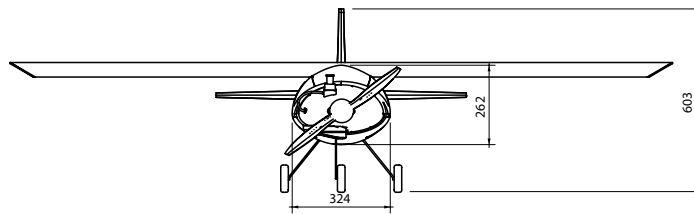


## 07. PLANIMETRÍA

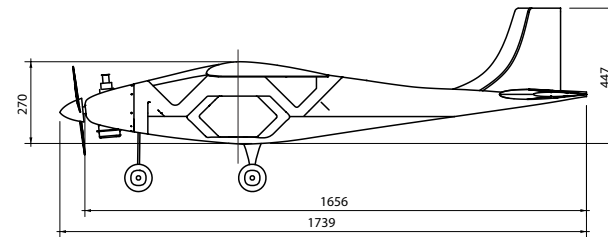
Entiendase la siguiente planimetría como un acercamiento a los parámetros generales establecidos, teniendo en cuenta el alcance del proyecto hasta sólo un diseño conceptual y no como el desarrollo específico de una planimetría para producción.



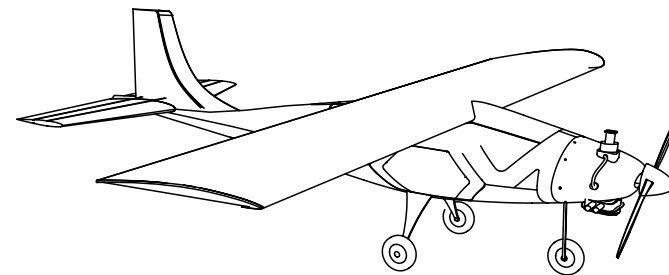
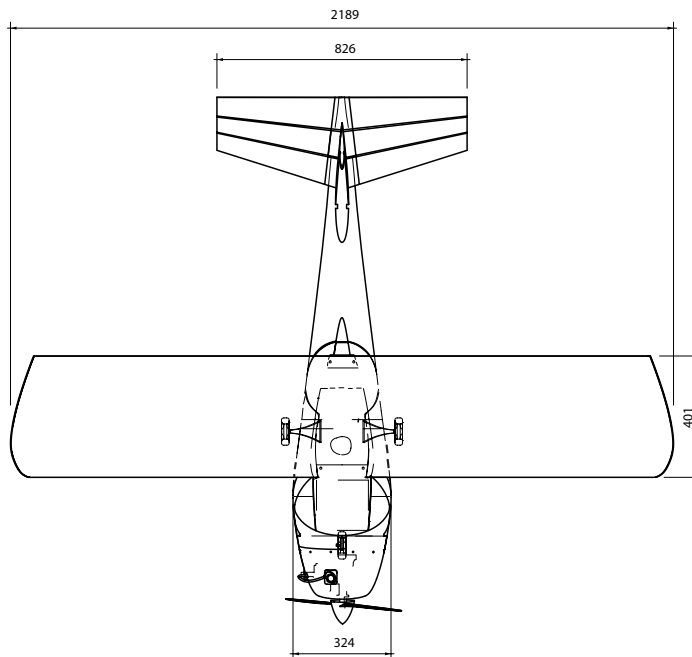
vista frontal



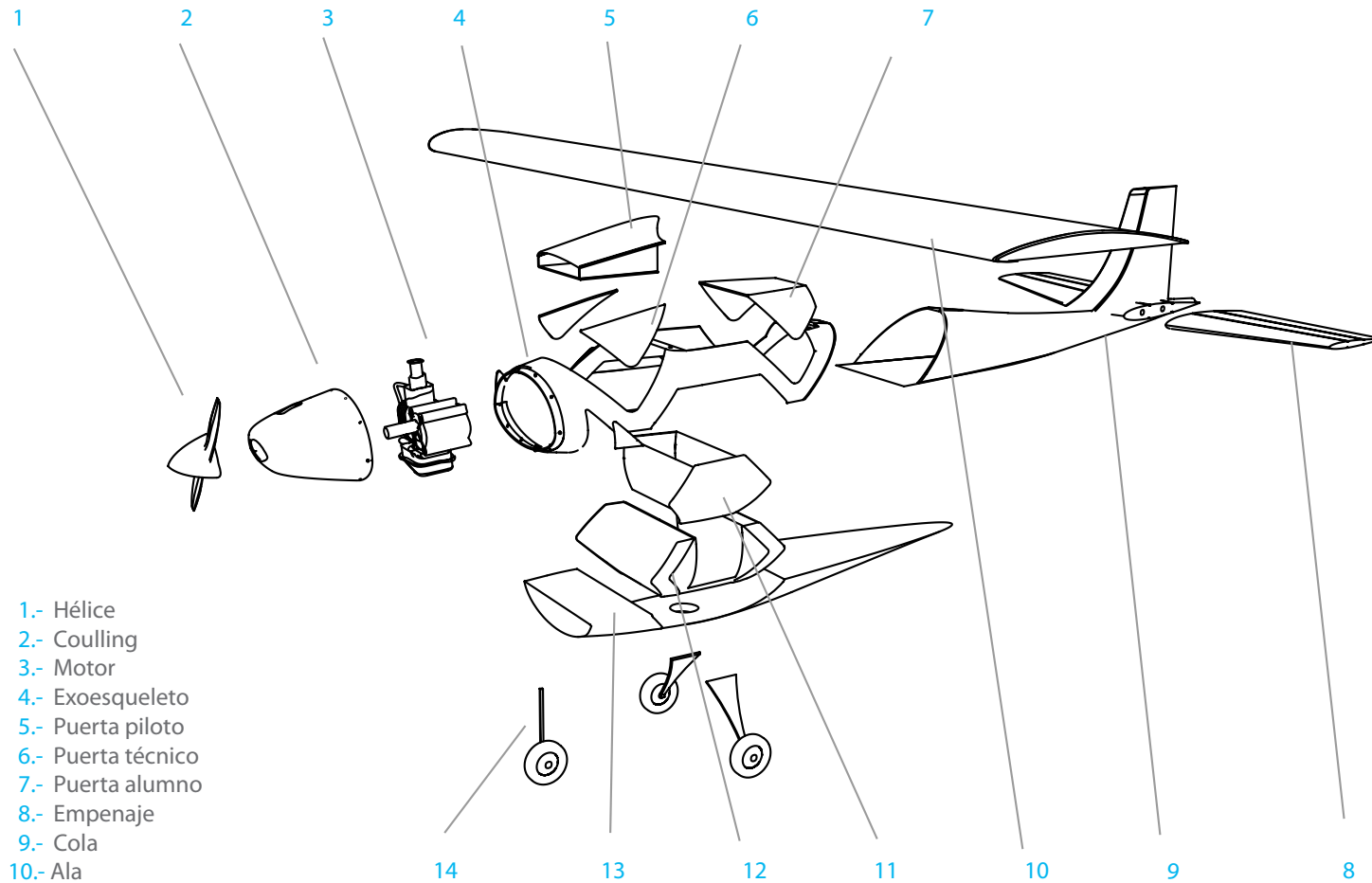
vista lateral



vista superior



vista general	<b>1</b> de 10	
Escala 1/20	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007

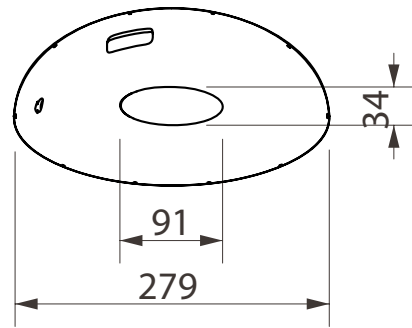


- 1.- Hélice
- 2.- Coulling
- 3.- Motor
- 4.- Exoesqueleto
- 5.- Puerta piloto
- 6.- Puerta técnico
- 7.- Puerta alumno
- 8.- Empenaje
- 9.- Cola
- 10.- Ala
- 11.- Cajón cámara fotográfica
- 12.- Tanque combustible
- 13.- Plataforma inferior
- 14.- Ruedas

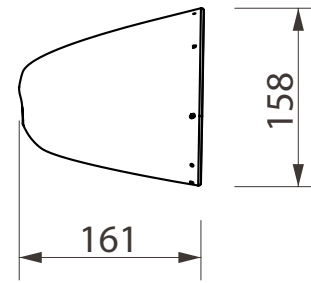
vista explosiva		<b>2</b> de 10
Escala 1/20	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007



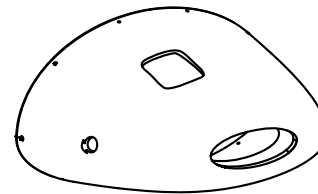
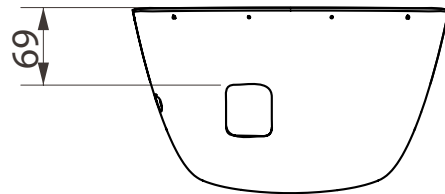
vista frontal



vista lateral



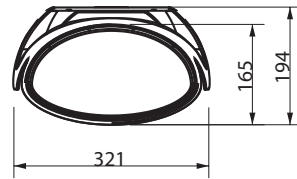
vista superior



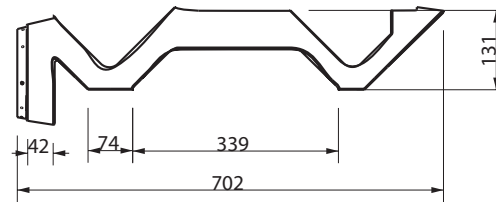
2.- Coulling		<b>3</b> de 10
Escala 1/5	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007



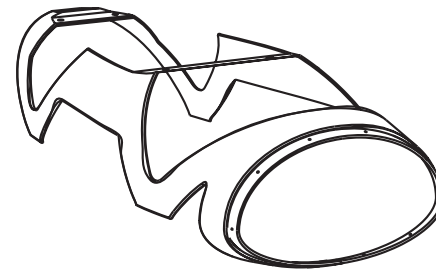
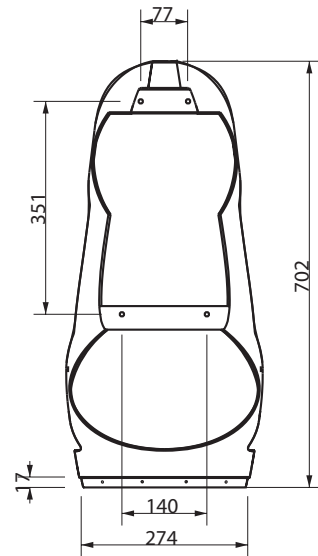
vista frontal



vista lateral



vista superior



4.- exoesqueleto		4 de 10
Escala 1/10	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007



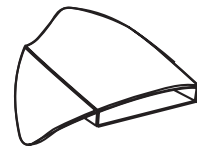
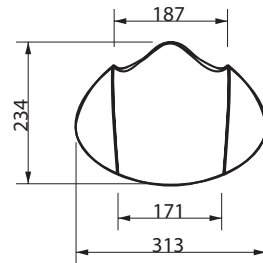
vista frontal



vista lateral



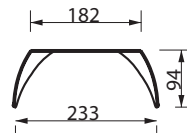
vista superior



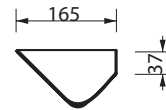
5,6.- puerta (tecnico, piloto)		5 de 10
Escala 1/10	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007



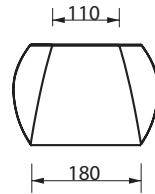
*vista frontal*



*vista lateral*



*vista superior*

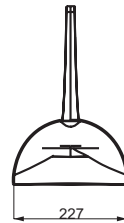


7.- puerta alumno		6 de 10
Escala 1/10	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007

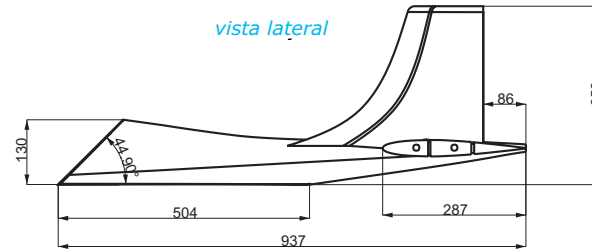




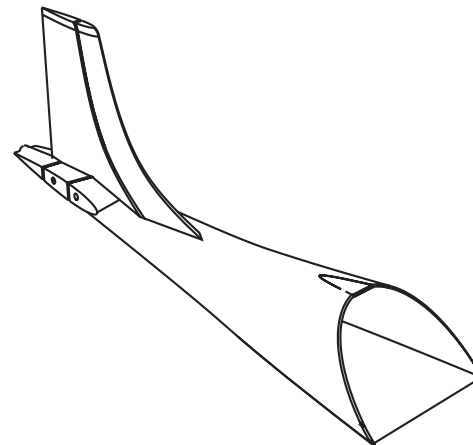
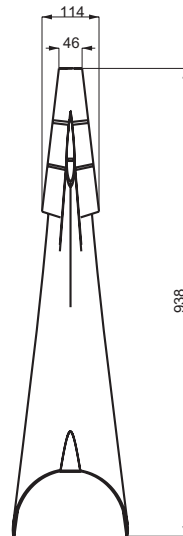
vista frontal



vista lateral



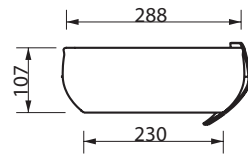
vista superior



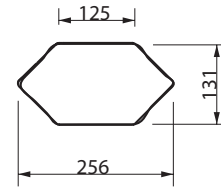
9.- cola	<b>7</b> de 10	
Escala 1/10	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007



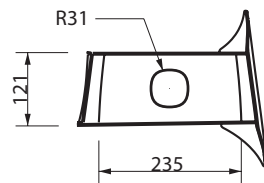
*vista frontal*



*vista lateral*

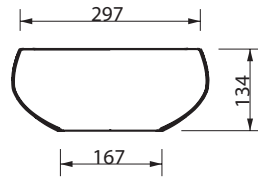


*vista superior*

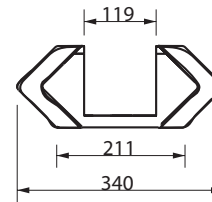


11.- cajón cámara fotográfica		<b>8</b> de 10
Escala 1/10	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007

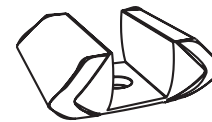
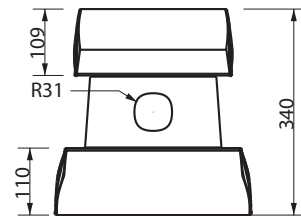
*vista frontal*



*vista lateral*



*vista superior*



12.- tanque combustible		9 de 10
Escala 1/10	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007



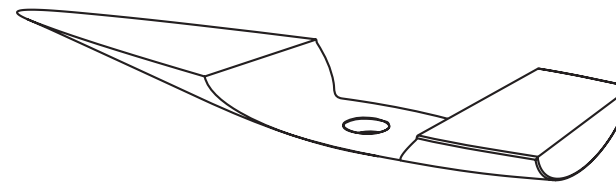
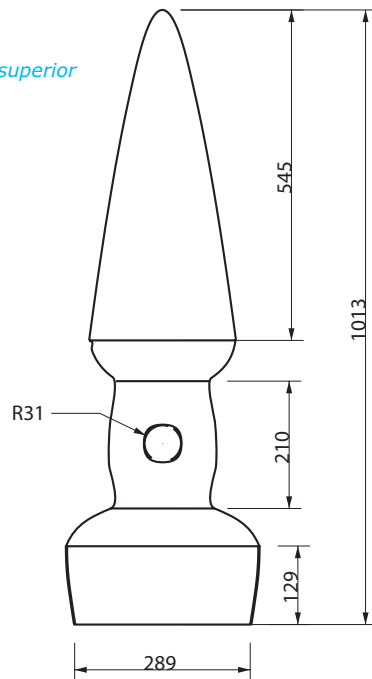
vista frontal



vista lateral



vista superior



13.- plataforma inferior		<b>10</b> de 10
Escala 1/10	<b>Juan Felipe Enriquez Fiallo</b>	Fecha
Cotas en mm	Giant rev 5.0	03.12.2007



## 08. PRODUCCIÓN Y COSTOS

### > Factibilidad

Se propone el proceso de fabricación por infusión al vacío (Ver anexo: Proceso de fabricación de piezas plásticas reforzadas con fibra por infusión al vacío).

La aplicación se hará con materiales compuestos en base a fibra de vidrio y de carbono en busca de gran liviandad y excelente resistencia.

Se propone éste proceso porque permite lograr espesores muy finos y una distribución de la resina homogénea en la matriz. Además posee un costo de fabricación relativamente económico en relación a procesos similares (VARTM, VARI, RIFT o SCRIMP), dado que la infusión al vacío necesita de una sola matriz, economizando de esta forma el contra molde. Considerando que el avión se encuentra aun estado de prototipo es ideal para su aplicación.

El proceso de infusión al vacío se sintetiza en los siguientes pasos:

- El material de refuerzo (fibra) es puesto en un molde.
- El molde es sellado con un material flexible.
- La resina fluye dentro del molde impregnando las fibras.
- La resina cura.
- Se abre el molde y se desmolda la pieza.

Los materiales básicos necesarios para fabricar piezas por este método de fabricación, aparte de los materiales para fabricar la pieza son:

- Molde libre de poros.
- Bomba de vacío.
- Sistema de desgasificado de resina.
- Trampas de resina.
- Vacuometro.
- Válvula de control de vacío.
- Válvulas de seguridad.



Dentro de los materiales desechables para el proceso se encuentran:

- Material flexible que se adapte a la forma del molde (polietileno).
- Material para sellar el molde (adhesión entre molde y material flexible).
- Adhesivos para fijar la fibra al molde.
- Mangueras.
- Malla distribuidora de flujo.
- Capa antiadhesiva entre malla distribuidora de flujo y fibra (peel ply).
- Mangueras.
- Mangueras distribuidoras de resina.
- Conectores plásticos.

Además, es aconsejable utilizar algún sistema de detección de fugas de aire y cámara de control de temperatura.

>Costos

La siguiente matriz de costos hace referencia a la fabricación de un fuselaje:

COSTO TOTAL DE FABRICACION DEL UAV GIANT				
<b>DATOS A CONSIDERAR</b>				
VALOR UF (hoy)	\$	19.498		
UNIDADES PRODUCIDAS DE UAV's		1	*el modelo de costos soporta hasta 100 unid.	
<b>Costo Fabricación (fijo):</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Espacio físico	1	taller/día	\$ 120.000	\$ 120.000
Agua	8	m3	\$ 535	\$ 4.280
Electricidad	65	kwh	\$ 95,40	\$ 6.201
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 130.481</b>
<b>Costo Fabricación Fuselaje (variables):</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Matriz (vida útil para 100 fuselajes)	1	matriz	\$ 400.000,0	\$ 400.000
Medidas de seguridad	1	materiales	\$ 250	\$ 250
Transporte	4	viajes	\$ 380	\$ 1.520
Alquiler Maquinaria Instalación de Vacío (Bomba, Trampa de resina, Válvulas, Balde resina, Manómetro, Herramientas básicas)	1	UF/hora	\$ 19.498	\$ 9.749
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 411.519</b>
<b>Costo Producción x Fuselaje (variable):</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Montaje y desmontaje (horas hombre)	0,5	UF/hora	\$ 19.498	\$ 9.749
Materiales:				
Piezas de Fibra de Vidrio (tapas, tanque y cola)	4	m2	\$ 3.164,65	\$ 12.659
Piezas de Fibra de Carbono (estructura)	1,50	m2	\$ 2.713,30	\$ 4.070
Resina	0,70	kg	\$ 16.693,15	\$ 11.685
Colorantes	100	gramos	\$ 5,39	\$ 539
Materiales desechables (mangueras, conectores, polietileno, torta)	1	materiales	\$ 4.350	\$ 4.350
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 43.052</b>
<b>Costo Terminaciones x Fuselaje</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
Perforaciones y ensamblaje (horas hombre)	0,5	UF/hora	\$ 19.498	\$ 9.749
Materiales (tornillos, pasadores, pegamento, etc)	1	materiales	\$ 933,40	\$ 933
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.682</b>
<b>COSTO TOTAL FABRICACION</b>				<b>\$ 595.734</b>
<b>COSTO TOTAL UNITARIO DE FABRICACION</b>				<b>\$ 595.734</b>



Considerando que el prototipo otorga serialización y el costo de la matriz rebajaría los costos se propone la siguiente matriz:

COSTO TOTAL DE FABRICACION DEL UAV GIANT				
<b>DATOS A CONSIDERAR</b>				
VALOR UF (hoy)	\$	13.438		
UNIDADES PRODUCIDAS DE UAV's		1		
<b>Costo Fabricación Molde (fijo):</b>				
Matriz (vida útil para 100 fuselajes)	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
	1	matriz	\$ 4.000,0	\$ 4.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 4.000</b>
<b>Costo Fabricación Fuselaje (variables):</b>				
	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Espacio físico	1	taller/día	\$ 4.000	\$ 4.000
Agua	1	m3	\$ 535	\$ 535
Electricidad	18	kwh	\$ 95,40	\$ 1.717
Medidas de seguridad	1	materiales	\$ 250	\$ 250
Transporte	4	viajes	\$ 380	\$ 1.520
Alquiler Maquinaria Instalación de Vacío (Bomba, Trampa de resina, Válvulas, Balde resina, Manómetro, Herramientas básicas)	1	UF/hora	\$ 19.498	\$ 19.498,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 27.520</b>
<b>Costo Producción x Fuselaje (variable):</b>				
	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Montaje y desmontaje (horas hombre)	0,5	UF/hora	\$ 19.498	\$ 9.749
Materiales:				
Piezas de Fibra de Vidrio (tapas, tanque y cola)	4	m2	\$ 3.164,65	\$ 12.659
Piezas de Fibra de Carbono (estructura)	1,50	m2	\$ 2.713,30	\$ 4.070
Resina	0,70	kg	\$ 16.693,15	\$ 11.685
Colorantes	100	gramos	\$ 5,39	\$ 539
Materiales desechables (mangueras, conectores, polietileno, torta)	1	materiales	\$ 4.350	\$ 4.350
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 43.052</b>
<b>Costo Terminaciones x Fuselaje</b>				
	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Perforaciones y ensamble (horas hombre)	0,5	UF/hora	\$ 19.498	\$ 9.749
Materiales (tornillos, pasadores, pegamento, etc)	1	materiales	\$ 933,40	\$ 933
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.682</b>
<b>COSTO TOTAL FABRICACION</b>				<b>\$ 85.255</b>



### > Proyecciones

-Abre una actividad económica que no existía en el país.

-El desarrollo de tecnología propia para el proyecto, abre una línea de acción tecnológica independiente encaminada a responder a los intereses del país.

-Desarrollo disciplinar académico sobre las bases que establece el proyecto, para su diseño en detalle.

Actualmente queda en desarrollo para aplicar al proyecto las siguientes investigaciones:

.Análisis estructural del fuselaje GIANT REV 5.0, utilizando el método de los elementos finitos. Departamento de Ingeniería Aeroespacial en materiales compuestos. Universidad de Delf, Holanda

.Análisis aerodinámico del fuselaje GIANT REV 5.0. Departamento Ingeniería Aeroespacial en aerodinámica. Universidad de Delf, Holanda  
Aplicación de fibras vegetales como material de refuerzo en estructuras termoestables aplicables al fuselaje GIANT REV 5.0. Universidad de Concepción





## 09. BIBLIOGRAFÍA

### > Documentos

- Chaput, Armand. “Conceptual Design of UAV Systems”  
Manual conceptual para el diseño de Aviones no Tripulados  
Junio 2003, Lockheed Martin Aeronautics Company
- Gundlach, John Frederick. “Multi-Disciplinary Design Optimization of Subsonic Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicles Projected Through 2025”  
Metodología de diseño para Aviones no Tripulados  
9 de Febrero 2004, Blacksburg - Virginia
- Tápia, Mauricio. “Introducción a la aeronáutica”  
Proyecto de diseño de un planeador ultraligero monoplaza  
12 de Enero 2006, Universidad Andrés Bello
- ASM International. “ASM Handbook”  
Guía sobre materiales compuestos aplicados a la aeronáutica. Volumen 21  
2001, Estados Unidos
- Industrial Designers Society of America, IDSA. “What is ID?”  
Brochure para la carrera de Diseño Industrial  
Enero 2004
- CLARK, T.S., CORLETT, E.N.  
The ergonomics of workspaces and machines  
Taylor and Francis, Londres, 1984
- EASTMAN KODAK, Co.  
Ergonomic design for people at work. (Vol.1)  
Belmont, 1983
- PANERO, J., ZELNIK, M.  
Las dimensiones humanas en los espacios interiores  
Gustavo Gili, Barcelona, 1983.



## > Revisión Web

### Instituciones Nacionales

Enaer

<http://www.enaer.cl/>

### Organizaciones Independientes

Unidad de Desarrollo Tecnológico, UDT

<http://www.udt.cl/>

Centro de Investigación en Polímeros Avanzados, CIPA

<http://www.cipachile.cl/cms/index.php>

### Instituciones Académicas

Universidad de Concepción

<http://www.udec.cl>

Universidad Andrés Bello

<http://www.unab.cl/fad/disenho.htm>

Universidad del Bío-Bío

<http://www.ubiobio.cl/di/>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra PUCE-I

<http://www.puce.edu.ec/>

### Páginas web relacionadas a los materiales compuestos

<http://www.compositesworld.com/ct/issues/2006/February/1183>

<http://naturalfibrecomposites.com/>

### Páginas web relacionadas a la interfaz de uso

Gaffney, Gerry (2003). What is a Scenario?. 2003.

Disponible en:

<http://www.infodesign.com.au/usabilityresources/design/scenarios.asp>

asp

Goodwin, Kim (2001). Perfecting your Personas. Cooper Newsletter, Julio/Agosto de 2001.

Disponible en:

[http://www.cooper.com/newsletters/2001\\_07/perfecting\\_your\\_personas.htm](http://www.cooper.com/newsletters/2001_07/perfecting_your_personas.htm)

Goodwin, Kim (2002). Getting from Research to Personas: Harnessing the Power of Data. Cooper Newsletter, Septiembre de 2002.

Disponible en:

<http://www.cooper.com/content/insights/newsletters/...>



## 10. ANEXOS

### > Tipos de UAV

Los aviones no tripulados se dividen en la actualidad en dos grupos: Los UAV de uso militar y los UAV de uso civil.

Los UAV en sus orígenes fueron estrictamente de uso militar y por muchos años pertenecieron sólo a ese ámbito. Se conoce que el ejemplar más antiguo fue desarrollado después de la Primera Guerra Mundial y que varios de ellos fueron empleados durante la Segunda Guerra Mundial para entrenar a los operarios y ayudantes de los cañones antiaéreos. Sin embargo, no es sino hasta finales del siglo XX cuando operan los UAV mediante radio control con todas las características de autonomía.

Los UAV han demostrado el gran potencial que tienen en diferentes escenarios de tipo bélico, especialmente en la Guerra del Golfo y en la Guerra de Bosnia. Los mayores desarrollos hasta hoy ejecutados con niveles de gran sofisticación y elevadísimos costos han sido destinados a misiones armadas y se encuentran en Israel y Estados Unidos [1].

Por otra parte a los UAV se los ha comenzado a involucrar en actividades pacifistas y de orden utilitario; entre los múltiples servicios que prestan este tipo de vehículos en el sector civil y productivo están: la detección de incendios forestales, ubicación de personas perdidas durante catástrofes, prospección pesquera, detección de químicos en el aire, control de tráfico vehicular, entre los más comunes.

El diseño de los UAV militares apunta estrictamente a la misión de vuelo, para la obtención de un cometido 100% eficiente y efectivo durante el combate, por lo que el usuario pasa a ser un factor completamente secundario en la fabricación de estos. Además, muchos aviones militares tienen incluso un uso único porque son diseñados como blancos aéreos [2].

Por otro lado, el uso de los UAV civiles en contradicción a los militares, tiende a ser más cercano al usuario ya que son diseñados para entregar servicios que favorecen a la comunidad, por ende se desenvuelve en entornos más cercanos al beneficiario.



El nivel tecnológico y dimensional de los UAV militares, va muy por encima que el de los UAV civiles, debido sobretodo al tipo de cometido para el que esta diseñado cada uno. En el caso de los civiles las labores de monitoreo, toma de imágenes aéreas o muestras de aire demanda una menor tecnología de aplicación en relación a los sistemas de defensa.

### > El Entorno Aéreo

En este entorno el avión es completamente autónomo y su desempeño depende únicamente del funcionamiento correcto del sistema. Sin embargo, el funcionamiento del sistema depende a su vez de la efectividad en las labores realizadas con anterioridad en tierra (montaje experimental, mejoras, mantenimiento), por ende la actividad aérea es consecuencia de la terrestre.

Es el fin último de la misión, escenario donde se demuestran los avances logrados por el Grupo Investigativo.

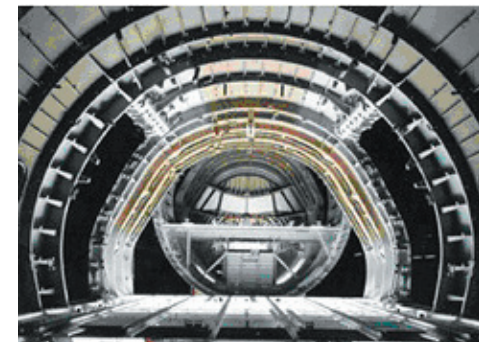
Es en éste entorno donde se ubica el cliente que optará por contratar o no los servicios del avión dependiendo su desempeño.

Así mismo, en este entorno se identifica cuando existen fallas en el sistema.

Es el escenario en que la nave corre el mayor riesgo y los instrumentos delicados que van en el pueden sufrir desperfectos. Por ello es importante considerar la función protectora del fuselaje hacia los instrumentos delicados que lleva en el interior. El exterior de la nave es el encargado del desempeño aéreo de la nave, por ello, se deberán tomar las consideraciones aerodinámicas específicas en el proyecto, para mejorar el desempeño del avión en este escenario.

### > El Fuselaje

Es el conjunto principal del avión debido a que el resto de elementos que conforman el avión se unen a él, de forma directa o indirecta.



Estructura de fuselaje

La forma del fuselaje varía con la misión principal del avión, así hoy en día se construyen tres tipos de fuselaje:

1.- Fuselaje Reticular, también llamado fuselaje tubular, se fabrica con tubos de acero, soldados, dispuestos en forma de tirantes sobre cuadernas (elementos que conforman y dan rigidez a la



estructura). La estructura más tarde se cubre con planchas metálicas. Este tipo de fuselaje está en desuso en la aviación comercial.

2.- Fuselaje monocasco, es una construcción que procede de la industria naval. Se trata de un tubo en cuyo interior se sitúan, a intervalos, una serie de armaduras verticales (cuadernas) las cuales tienen la función de dar forma y rigidez al tubo.

Esta construcción proporciona un interior diáfano protegido, donde el revestimiento exterior forma parte integral de la estructura del fuselaje (al contrario que en el fuselaje reticular) debido a que está unido de forma rígida a las cuadernas, lo cual significa que el revestimiento soporta y transmite los esfuerzos a que está sometido el fuselaje del avión.

El problema de esta construcción es que la chapa metálica de recubrimiento ha de tener un grosor importante.

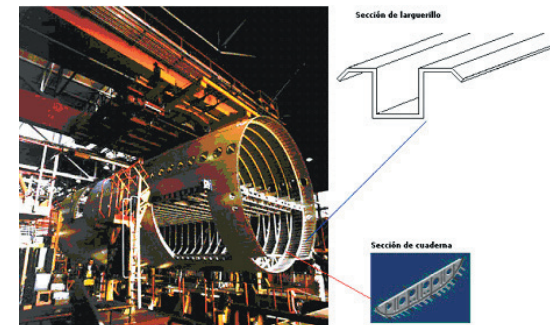
3.- Fuselaje semi monocasco, es la construcción estándar en la actualidad. Ha resuelto el

problema del grueso espesor de chapa del revestimiento de la estructura monocasco. El fuselaje es de chapa metálica más delgada por la introducción de piezas de refuerzo intermedias (largueros, larguerillos y cuadernas).

Los largueros se sitúan uniendo las cuadernas a lo largo del eje longitudinal del fuselaje (su presencia permite el adelgazamiento de la chapa metálica de revestimiento, aligerando así el peso del conjunto).

Los larguerillos cumplen una función secundaria de refuerzo, pero son los que dan forma al fuselaje y constituyen los puntos principales de unión de la chapa de revestimiento metálico. Todo el entramado de cuadernas, largueros, larguerillos y revestimiento se une para formar una estructura completa y rígida.

Como elementos de unión mecánicos se utilizan pernos, tornillos y remaches, además de adhesivos en las estructuras encoladas.



Fuselaje monocoto



### > Dimensiones del Cuerpo Humano

La imposibilidad de diseñar para toda la población obliga a escoger un segmento que comprenda la zona media. Por consiguiente suelen omitirse los extremos y ocuparse del 90% de la población, atendiéndose en la mayoría de los diseños a las medidas que se hallan entre los percentiles 5 y 95.

Las dimensiones funcionales del cuerpo, las dimensiones estructurales combinadas y las dimensiones mano, pie, se indican en la Tabla 1, Tabla 2 y la Tabla 3, respectivamente.

DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTÍMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES													
A	B		C		D		E		F				
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm			
95	HOMBRES	38.3	97,3	46.1	117,1	51.6	131,1	35.0	88,9	39.0	86,4	88.5	224,8
	MUJERES	36.3	92,2	49.0	124,5	49.1	124,7	31.7	80,5	38.0	96,5	84.0	213,4
5	HOMBRES	32.4	82,3	39.4	100,1	59.0	149,9	29.7	75,4	29.0	73,7	76.8	195,1
	MUJERES	29.9	75,9	34.0	86,4	55.2	140,2	26.6	67,6	27.0	68,6	72.9	185,2

Tabla 1: Dimensiones funcionales del cuerpo humano

DIMENSIONES ESTRUCTURALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTÍMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES															
A	B		C		D		E		F		G				
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm			
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	42,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27.0	68,6	28.1	71,4

Tabla 2: Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo humano

DIMENSIONES DE MANO Y PIE DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTÍMETROS, SEGUN SELECCION DE PERCENTILES											
I	J	K	L*	M*	N	O	P	Q	R		
										95	pulg.
	cm	20,5	11,8	9,6	23,1	27,8	29,1	21,4	10,6	27,0	7,3
5	pulg.	7.00	3.92	3.24	7.89	9.38	9.89	7.18	3.54	9.02	2.40
	cm	17,8	10,0	8,2	20,0	23,8	25,1	18,2	09,0	22,9	6,1

Tabla 1: Dimensiones de mano y pie



## > Materiales Compuestos para la Construcción de Estructuras Livianas en la Aeronáutica

El desarrollo de las tecnologías ha permitido diseñar nuevos procesos de fabricación alternativos para una gran variedad de piezas en distintas aplicaciones; de la misma forma que las nuevas tecnologías han progresado, el desarrollo de nuevos y mejores materiales también lo han hecho. Muchas piezas que años atrás se construían tan solo de acero, hoy se las puede fabricar con materiales compuestos, en base a algunas aleaciones entre materiales que mejoran las características técnicas y mecánicas del mismo.

Los polímeros se han ido introduciendo como materiales de la aeronáutica debido fundamentalmente a su baja densidad. Esta propiedad es una de las más importantes a la hora de su selección para la construcción de aeronaves. No obstante los polímeros tienen valores bajos de la rigidez y resistencia

comparados con otros materiales como los metales. Es entonces donde se recurre a mezclarlos con materiales de refuerzo para mejorar dichas propiedades, dando origen a los materiales compuestos.

Generalmente cuando se trata de materiales compuestos de altas prestaciones, diseñados para proveer alta resistencia y rigidez, los refuerzos suelen ser en base a fibras de vidrio, carbono, kevlar, entre otras.

Los materiales compuestos poseen las siguientes características:

- Tienen una alta rigidez y resistencia específica (de 3 a 5 veces mayor que el acero).
- El esfuerzo de fatiga es de hasta un 90% del límite estático dependiendo del material de refuerzo.
- Los materiales compuestos ofrecen alta resistencia a la corrosión, debido a que en la superficie la mayoría es matriz, tiene buena resistencia química.

- Los compuestos ofrecen una enorme flexibilidad de diseño, asociado a esto el coeficiente de expansión térmica (CTE), es mucho más bajo que el de los metales, por ello los compuestos tienen una excelente estabilidad dimensional, muchas juntas o piezas metálicas que deben ser acopladas pueden ser hechas en compuesto, esto elimina muchas operaciones de maquinado y reduce los tiempos de producción, disminuyendo por ende los costos.

- Partes complejas y contornos especiales -los cuales no son posibles en metales- pueden ser fabricados usando materiales compuestos sin necesidad soldaduras ni remaches.



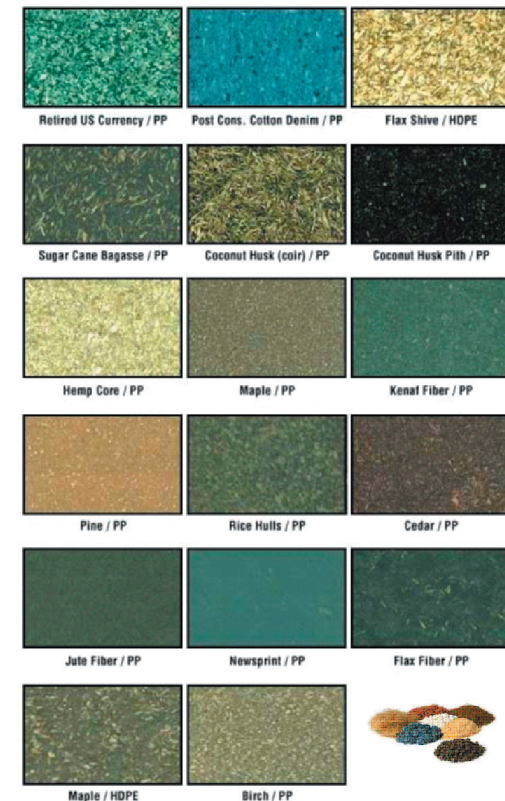
### > Una Nueva Materialidad para la Construcción de Estructuras Livianas

La gran demanda de nuevos materiales con propiedades muy específicas, ha traído como consecuencia la búsqueda y el desarrollo de diferentes vías para su obtención. Sin embargo, muchos de estos métodos no cumplen con todas las exigencias del mercado, se obtienen excelentes propiedades mecánicas con altos costes de proceso; y muchas veces constituyen materiales imposibles de reciclar. En este sentido, el refuerzo de materiales termoplásticos con fibras vegetales representa una alternativa importante.

Desde hace algunos años las fibras vegetales, han despertado un creciente interés como refuerzo en materiales plásticos. Las ventajas que ofrecen este tipo de fibras tales como resistencia, baja densidad, bajo coste, reciclabilidad y baja abrasión han captado la atención de sectores como el de la automoción, equipo agrícola, estructuras marinas y la industria de construcción.

### > Materiales Compuestos en Base a Fibra Vegetal

En virtud de que para la selección del tema de tesis, se realizó un estudio previo profundo sobre posibles materiales en base a fibra vegetal aplicables al desarrollo, innovación o mejoramiento de productos (IBM), el presente documento trata netamente sobre los problemas directos que recaen en el fuselaje del avión GIANT, aplicando en su desarrollo las características técnicas y estructurales que resultaron del estudio personal de ésta nueva materialidad. (MATERIALES COMPUESTOS CON FIBRAS VEGETALES). En Chile el desarrollo de tecnologías en polímeros reforzados con fibra vegetal es escaso. Más que nada se está desarrollando el tema de la madera plástica y buscando sus posibles aplicaciones. En este contexto, se ha contactado con la Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT), quienes desarrollan actualmente madera plástica y trigo plástico, materiales compuestos en base a recursos naturales renovables que presentan interesantes características.



Materiales compuestos a base de fibras vegetales





Dadas las altas fuerzas que se ejercen sobre la estructura de un avión, el material requiere parámetros mecánicos específicos.

Así, haciendo un estudio comparativo entre las propiedades de la fibra de trigo y la fibra de vidrio específicamente, se identifica que las cualidades mecánicas del trigo, aún se mantienen muy por debajo de cualidades de la fibra de vidrio, sin embargo presenta excelentes ventajas respecto a la densidad, reduciendo en un 20% la masa en relación a la fibra de vidrio.

Otras variables que se mantiene estables en este material son las propiedades de flexión y tracción, sin embargo la propiedad que aún no es igualada o superada es la propiedad al impacto IZOD, ubicándose 7 puntos por debajo, de materiales compuestos reforzado con fibras de yute, sisal o kenaf; cifra importante a considerar al tratarse sobretodo de subsistemas como el ala que soporta gran carga.

Aún se analiza la posibilidad de aportar estructura específica, reforzando el material en ciertas partes que éste lo demande.

Dado que el material compuesto en base a fibra vegetal aplicable a esta etapa del proyecto aún no existe en Chile, se ha propuesto al departamento de ingeniería Mecánica de la Universidad de Concepción, el abordar el tema de las fibras vegetales como refuerzo de matrices termoestables, mismo que fue acogido por el Dr. Paulo Flores y queda como tema de investigación para el proximo semestre:

“Estudio mecánico de la fibra vegetal de abacá como material de refuerzo en matrices termoestables, aplicables al fuselaje GIANT REV 5.0.”

Para estas alturas del proyecto, se desarrollaron pruebas cualitativas a nivel de laboratorio con el nuevo material. Se experimentó con fibra vegetal de abacá (originaria de Ecuador) como material de refuerzo, en matrices termoestables de resina epoxica, bajo el proceso de infusión al vacío.

Los resultados arrojados obtenidos fueron:

- Buena adhesión matriz - fibra

- La textura de la fibra vegetal agiliza el decantado de la resina por la matriz en relación al logrado por la fibra de vidrio

- Se obtienen piezas de gran resistencia y liviandad

- Se obtienen interesantes resultados estéticos

- Finalmente, cualitativamente se identifica un mejor comportamiento de este nuevo material a la compresión en relación al de la fibra de vidrio

Ahora bien, ya que se sabe que el aplicar fibras vegetales en matrices termoestables para la fabricación de piezas livianas es factible, se deben hacer estudios cuantitativos que determinen las cualidades mecánicas del nuevo material, lo que queda a cargo del Ingeniero Mecánico que aborde el tema de tesis.

La aplicación de esta nueva materialidad trae beneficios en el proyecto desde un punto de vista ambiental.



Con la aplicación de esta nueva materialidad en el prototipo se pretende:

- Reducir el contenido de sustancias peligrosas para la salud de los operarios
- Reducir el impacto de algunos componentes
- Reducir el peso total del producto considerando la variable peso-potencia
- Reducir los costos de las piezas
- Incorporar recursos renovables sub-explotados (fibra de abacá)

---

[1] Fuente: Diario Universitario UDEC, Septiembre 2007.

[2] Aviones cargados con misiles para ser destruidos durante el combate.



### > Proceso de fabricación de piezas plásticas reforzadas con fibra por infusión al vacío

Paulo FLORES

Departamento de Ingeniería Mecánica - Facultad de Ingeniería - Universidad de Concepción

El presente informe describe el método de fabricación y la aplicación industrial de piezas plásticas reforzadas con fibra usando el método de infusión al vacío. Este método permite reemplazar procedimientos manuales mejorando la calidad del producto final y del entorno. Este método es ampliamente utilizado para un volumen bajo-medio de producción y preferentemente para piezas de gran tamaño. Su aplicación en la industria nacional es factible y prevé un aumento en la calidad de las piezas fabricadas y en la productividad de una empresa.

Dada la necesidad de fabricar piezas y elementos estructurales más livianos pero a su vez conservando las características de resistencia y durabilidad se ha hecho necesario el estudio de nuevos materiales y sus respectivos procesos de fabricación. Dentro de estos materiales se pueden incluir aleaciones de aluminio, de magnesio, aceros especiales (HSS, UHSS) y plásticos reforzados. A este último grupo pertenecen los plásticos reforzados con fibras (orgánicas o inorgánicas).

Los plásticos reforzados con fibras tienen grandes ventajas comparativas con respecto a los metales, como por ejemplo su mayor relación resistencia/peso, su mayor resistencia a la corrosión y a la fatiga, son a su vez un buen aislante térmico y de sonido. Otra de las grandes ventajas de este último grupo de materiales es la posibilidad de orientar la fibra de refuerzo según la aplicación a la cual va a ser sometida la pieza o estructura (Figura 1). Como ejemplo, la Figura 2 muestra la sección transversal de un mástil diseñado con fibras orientadas a distintas direcciones [2]. Además, la simultaneidad en la fabricación del material y la pieza presenta grandes ventajas desde el

punto de vista técnico económico.

A continuación, se describe el proceso de fabricación por infusión al vacío, sus aplicaciones y las perspectivas de aplicación en la industria nacional.

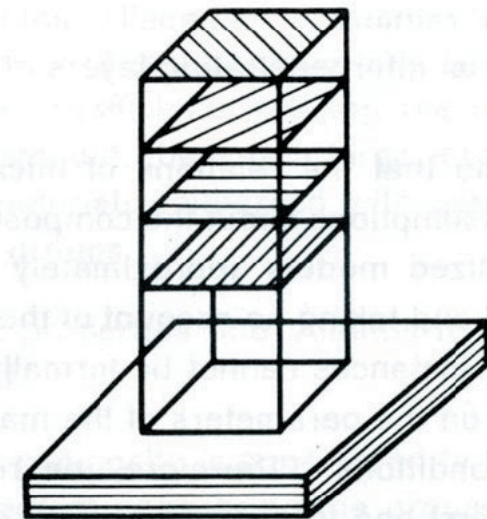


Figura 1 Fibras orientadas en distintas direcciones dentro de un laminado [1].

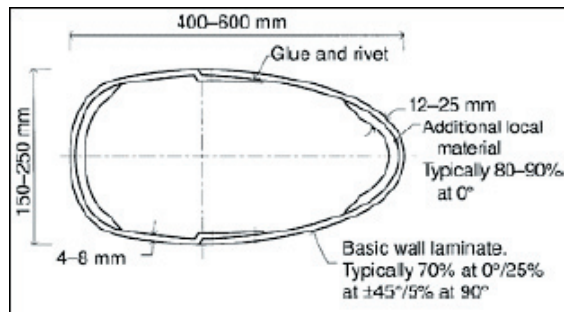


Figura 2 Sección transversal de un mástil [2].

### Descripción del Método de Fabricación

Dentro de los procesos de fabricación de piezas en plástico reforzado con fibra se encuentran la impregnación manual, impregnación por spray, preimpregnación (pregreg) manual de laminados, moldeo por compresión, filament winding, poltrusión, RTM (resin transfer molding) e infusión al vacío (VI) por mencionar algunos. La información correspondiente a cada proceso está ampliamente distribuida en medios de libre acceso. La selección del proceso de fabricación depende en la aplicación que se le quiere dar a la pieza y del volumen de

producción. Por ejemplo, un estudio basado en los requerimientos de investigación y desarrollo para la producción de piezas en materiales compuestos en el sector de transporte, propone la fabricación por impregnación manual para piezas de bajo volumen de producción (100 partes por año), la infusión al vacío para piezas de bajo-medio volumen producción (menos de 500 partes por año) y el RTM para un la fabricación de piezas de un volumen medio de producción (menos de 30000 partes por año) [3], [4]. La Figura 3a muestra un esquema que relaciona el volumen de producción con el desempeño del proceso y la Figura 3b muestra un esquema del uso de la infusión al vacío y del RTM en función del volumen de producción y del tamaño del componente a fabricar.

La infusión al vacío posee las mismas ventajas que el RTM, y además es muy adecuado para la fabricación de piezas de gran tamaño con alto comportamiento estructural. Esto último se debe a que el contenido en volumen de fibra puede llegar a ser del 70%. Otras ventajas adicionales son: disminución significativa de las emisiones gaseosas, laminados de alta calidad y más económico que el método RTM.

De la Tabla 1 en conjunto con la Figura 3, se puede apreciar que el proceso por infusión al vacío es el paso a seguir para empresas que están trabajando con técnicas manuales y quieren aumentar el volumen de producción así como la calidad y variedad de sus productos.

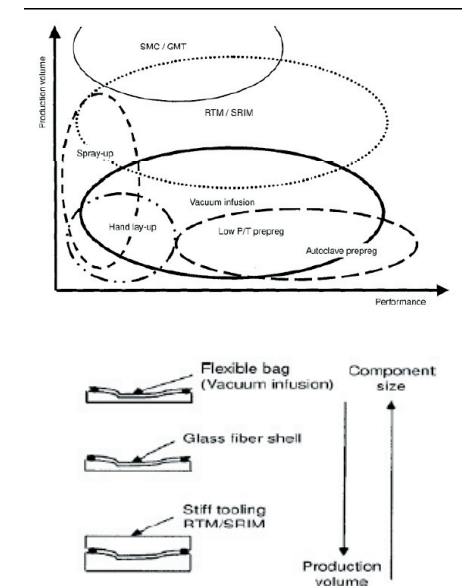


Figura 3 Selección del proceso de fabricación [2].

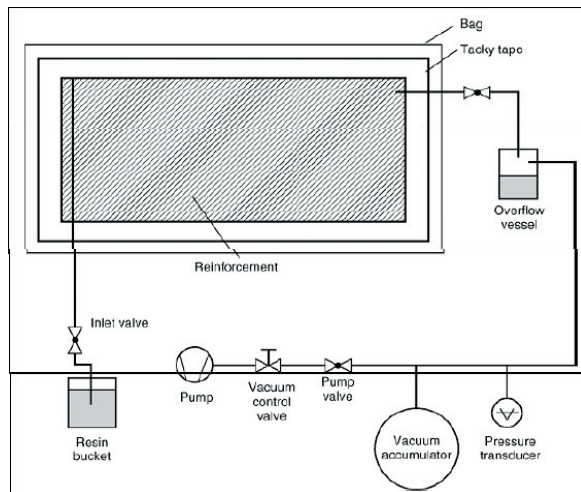
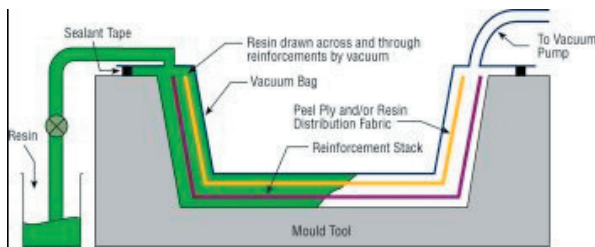


Figura 4 Esquema del proceso de fabricación por infusión al vacío [5], [2].

Los procesos de fabricación por infusión al vacío VI, también conocido por VARTM, VARI, RIFT o SCRIMP, se puede resumir en los siguientes pasos:

- El material de refuerzo (fibra) es puesto en un molde.
- El molde es sellado con un material flexible.
- La resina fluye dentro del molde impregnando las fibras.
- La resina cura.
- Se abre el molde y se desmolda la pieza.

La Figura 4 muestra un esquema del proceso de infusión al vacío. El flujo de resina se desplaza por la diferencia de presión que genera la bomba de vacío.

Los materiales básicos necesarios para fabricar piezas por este método de fabricación, aparte de los materiales para fabricar la pieza son:

- Molde libre de poros.
- Bomba de vacío.
- Sistema de desgasificado de resina.
- Trampas de resina.
- Vacuómetro.
- Válvula de control de vacío.
- Válvulas de seguridad.

Dentro de los materiales desechables para el proceso se encuentran:

- Material flexible que se adapte a la forma del molde (polietileno).
- Material para sellar el molde (adhesión entre molde y material flexible).
- Adhesivos para fijar la fibra al molde.
- Mangueras.
- Malla distribuidora de flujo.
- Capa antiadhesiva entre malla distribuidora de flujo y fibra (peel ply).
- Mangueras distribuidoras de resina.
- Conectores plásticos.

Además, es aconsejable utilizar algún sistema de detección de fugas de aire y cámara de control de temperatura.